

С
Е
Р
И
Я

Ученый
Инженер
Студент
Учащийся

1995г.

А.И. Кочергин

Б

Г

П

А

КОНСТРУКЦИИ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ
СТАНКОВ



Издательство "Дизайн ПРО"

С | Ученый
Е | Инженер
Р | Студент
И | Учащийся
Я |
1995 г.

Министерство образования и науки Республики Беларусь
Белорусская Государственная Политехническая Академия

А.И. Кочергин

КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Методическое пособие по курсовому проектированию
для студентов специальности Т 03.01 "Технология,
оборудование и автоматизация машиностроения"

ББК 34.63
К 75
УДК 621.9.02

Рецензент: к.т.н., доцент Каштальян И.А.
Печатается по решению Совета
машиностроительного факультета БГПА

Кочергин А.И.

К 75 Конструкции металлорежущих станков. Методическое пособие по курсовому проектированию для студентов специальности Т 03.01 "Технология, оборудование и автоматизация машиностроения". – Мн.: ДизайнПРО, 1997. – 68 с.

В пособии приведены схемы узлов современных металлорежущих станков, технические параметры, габаритные и присоединительные размеры комплектующих изделий. Даны примеры шпиндельных узлов, приводов подачи, столов и суппортов.

Для студентов специальности Т 02.02.00 "Технология, оборудование и автоматизация машиностроения".

К 2705020000 – 040
97

ББК 34.63

© Кочергин А.И.

Учебное издание

Анатолий Иванович Кочергин

Конструкции металлорежущих станков.

Методическое пособие по курсовому
проектированию для студентов специальности Т 03.01
"Технология, оборудование и автоматизация машиностроения".

Лицензия ЛВ № 819

Редактор Н.В. Овчинникова
Технический редактор Т.А. Ялковская

Подписано в печать с оригинал-макета 20.01.97. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,3. Уч. изд. л. 8,5.
Тираж 100 экз. Зак. 5081

Издательство "Дизайн ПРО", 220027, Минск, пр. Ф.Скорины, 65.
Типография "Победа", 222 310, Молодечно, ул. Тавлая, 11.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Элементы электропривода и электроавтоматики станков	4
1.1. Широкорегулируемые электродвигатели постоянного тока 4ПФ	4
1.2. Высокомоментные двигатели постоянного тока	4
1.3. Электромагнитные муфты серии ЕМТ11	15
1.4. Фотоэлектрический преобразователь угловых перемещений ВЕ178А	16
2. Шпиндельные узлы	16
2.1. Подшипники шпиндельных узлов	16
2.2. Компановки шпиндельных узлов	28
2.3. Конструктивные элементы шпиндельных узлов	28
2.4. Примеры шпиндельных узлов	40
3. Приводы подачи	42
3.1. Конструктивные элементы приводов подачи	42
3.2. Примеры исполнительных механизмов приводов подачи	42
4. Столы	57
4.1. Стол продольного фрезерно-сверлильно-расточного многоцелевого станка	57
4.2. Электромеханический силовой стол	57
Литература	67

ВВЕДЕНИЕ

В курсовом проекте студент разрабатывает один или два узла современного металлорежущего станка, обосновывая принятые решения и выполняя при этом необходимые расчеты. В данном пособии приведены примеры конструкций шпиндельных узлов, направляющих, приводов подачи, тяговых механизмов.

Приступая к выполнению задания, студент должен изучить имеющиеся конструкторские разработки, а затем использовать в курсовом проекте наиболее подходящие элементы конструкций. Такой подход к выполнению курсового проекта позволит студенту в некоторой степени компенсировать отсутствие опыта конструирования, необходимого для создания узлов современного металлорежущего оборудования.

Основной материал, необходимый для выполнения курсового проекта по металлорежущим станкам, изложен в книге [24]. Данное пособие служит дополнением к ней.

1. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ СТАНКОВ

1.1. Широкорегулируемые электродвигатели постоянного тока 4ПФ

Электродвигатели серии 4ПФ применяются в приводах главного движения с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя. Двигатели развивают постоянный момент при изменении частоты вращения до номинальной путем регулирования напряжения якоря от 0 до 460 В. При регулировании частоты вращения от номинальной до максимальной, путем ослабления поля возбуждения и поддержания номинального напряжения на якоре, двигателем развивается постоянная мощность.

Двигатели могут комплектоваться фильтром для очистки охлаждающего воздуха. Вентиляция осуществляется с помощью электровентилятора. В двигатель встроены тахогенератор и измерительный преобразователь тепловой защиты (терморезистор).

Структура условного обозначения двигателя:

4П - X - XXX - X - X - X - XX,

где 4П - серия; X - исполнение по степени защиты (Ф - защищенное исполнение с независимой вентиляцией); XXX - высота оси вращения; X - условная длина сердечника якоря (S - первая длина, M - вторая длина, L - третья длина); X - наличие фильтра (B - фильтр имеется, без буквы - фильтра нет); X - положение вентилятора (B - вентилятор расположен на боковой поверхности двигателя (сверху), T - вентилятор расположен на торцевой поверхности двигателя со стороны коллектора); XX - климатичес-

кое исполнение и категория размещения.

Технические параметры электродвигателей приведены в табл. 1, а габаритные, установочные и присоединительные размеры - на рис. 1 и 2, а также в табл. 2 и 3.

1.2. Высокмоментные двигатели постоянного тока

Высокмоментные двигатели серии МТА предназначены для приводов подачи металлорежущих станков с ЧПУ. В состав двигателя входят: машина постоянного тока с измерительным преобразователем температуры, безлюфтовый электромагнитный тормоз, измерительный преобразователь частоты вращения (тахогенератор), измерительный преобразователь углового положения вала двигателя.

Электромагнитный тормоз предназначен для удержания ротора двигателя в неподвижном положении после остановки двигателя. Тормоз включается после снятия с него питающего напряжения. Его магнитная система смонтирована на переднем щите двигателя, а тормозной диск с постоянными магнитами закреплен на валу двигателя.

В качестве измерительного преобразователя углового положения вала двигателя применяются резольвер или фотоэлектрический растровый преобразователь. С валом двигателя резольвер связан безлюфтовым мультипликатором, состоящим из пары точных зубчатых колес с передаточным отношением 1:2,5 или 1:5. Фотоэлектрический преобразователь закрепляется на задней крышке двигателя. Движение от его вала передается преобразователю с помощью беззазорного соединения. Частота вырабатываемых импульсов составляет 2000 или 2500 Гц в зависимости от типа преобразователя.

Обозначение двигателя состоит из цифр и букв. Цифры 1, 2, 3, 4 условно обозначают номинальный момент двигателя, буква М - мотор, Т - серия, А или В - модификация по моменту, С - электромагнитный тормоз, Р - резольвер с мультипликатором, К - фотоэлектрический растровый преобразователь.

Технические параметры двигателей приведены в табл. 4, где М - номинальный момент двигателя; M_{\max} - максимальный момент; n_{\max} - максимальная частота ротора; J - момент инерции вращающихся частей двигателя; m - масса двигателя. Основные размеры двигателей приведены на рис. 3 и в табл. 5. Диаграммы работы представлены на рис. 4-8, где 1 - зона работы в режиме S1; 2 - кривая допустимых моментов при работе в режиме S1; 3 - зона работы в режиме S2; 4 - кривая допустимых моментов при работе в режиме S2; 5 - зона работы при наличии переходных процессов; 6 - кривая допустимых моментов при пере-

Таблица 1

**Технические параметры широкорегулируемых
электродвигателей постоянного тока 4ПФ**

Обозначение типа электро- двигателей	Номиналь- ная мощ- ность, кВт	Напряже- ние якоря, В	Ток якоря, А	Коэффици- ент полез- ного действия, %	Номинальная частота вра- щения, об/мин	Максималь- ная частота вращения, об/мин
4ПФ112S	4,0	220	24,0	72,3	900	5000
4ПФ132S	15,0	220	85,4	77,9	1400	4500
	7,5		43,6	76,0	1000	
4ПФ132S	6,0	220	32,7	74,0	875	4500
4ПФ132M	11,0	220	61,5	78,5	1060	4500
4ПФ132L	11,0	220	62,8	76,0	800	4500
4ПФ160S	15,0	220	79,6	80,7	850	4000
4ПФ112S	7,5	110	19,2	87,1	2120	5000
	5,5		14,9	81,4	1450	
4ПФ112M	7,5	110	19,6	82,5	1450	5000
	5,5		16,6	74,1	900	
4ПФ112L	10,0	110	26,3	81,2	1320	5000
	7,5		21,5	81,0	975	
4ПФ132S	30,0	110	76,7	87,1	3070	4500
	18,5		47,8	85,0	2180	
	15,0		41,7	80,0	1400	
4ПФ132M	30,0	110	78,9	86,3	2300	4500
	22,0		59,3	83,0	1600	
	11,0		30,0	80,0	1090	
4ПФ132L	23,6	110	64,8	83,0	1400	5000
	15,0		40,8	81,0	1030	
4ПФ160S	30,0	110	78,6	84,0	1450	4500
	18,5		48,6	82,0	1090	
4ПФ160M	22,0	110	56,8	84,5	1090	4500
4ПФ160	30,0	110	77,0	85,5	1030	4500
4ПФ180	45,0	110	114,0	88,0	1450	4500
4ПФ180M	45,03	110	115,6	86,0	1060	4500

Таблица 2

**Габаритные, установочные и присоединительные
размеры двигателей 4ПФ112-180 с вентилятором,
расположенным на валу двигателя, мм**

Тип двигателя	l_{10}	l_{20}	l_{30}	l_{31}	l_{38}	b_1	b_{10}	b_{30}	b_{31}
4ПФ112SVХЛ4	280	3,5	881	70	460	$10 \frac{p_9}{h_9}$	190	265	145
4ПФ132SVХЛ4	315		1025		553				
4ПФ132МУХЛ4	355	4	1085	89	613	$12 \frac{p_9}{h_9}$	216	300	160
4ПФ132ЛУХЛ4	450		1155		683				
4ПФ160SVХЛ4	355		1155		613				
4ПФ160МУХЛ4	400	4	1225	108	682	$14 \frac{p_9}{h_9}$	254	390	220
4ПФ160ЛУХЛ4	450		1265		722				
4ПФ180SVХЛ4	450	5	1340	121	745		279	420	235
4ПФ180МУХЛ4	500		1420		825	$16 \frac{p_9}{h_9}$			
Тип двигателя	d_1	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h	h_1	h_5	h_{31}	t_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4ПФ112SVХЛ4									
4ПФ112МУХЛ4	32К6	165	M107H	130j6	112	8h11	35	320	5
4ПФ112ЛУХЛ4									
4ПФ132SVХЛ4									
4ПФ132МУХЛ4	42К6	215	15H14	180j6	132	8h11	45	372	5
4ПФ132ЛУХЛ4									

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4ПФ160SVXL4									
4ПФ160МУXL4	48K6	265	15H14	230/6	160	9h11	51,5	417	5,5
4ПФ160LVXL4									
4ПФ180SVXL4	55K6	300	19H14	250/6	180	10h11	59	495	6
4ПФ180МУXL4									

Таблица 3

Габаритные, установочные и присоединительные
размеры двигателей 4ПФ112-180 с вентилятором,
расположенным сверху, мм

Тип двигателя	l_{10}	l_{20}	l_{30}	l_{31}	l_{38}	b_1	b_{10}	b_{30}	b_{31}
4ПФ112SVXL4	280		665		460	$10 \frac{p9}{h9}$	190	265	145
4ПФ112МУXL4	355	3,5	730	70	525				
4ПФ112LVXL4	400		790		585				
4ПФ132SVXL4	315		790		553	$12 \frac{p9}{h9}$	216	300	160
4ПФ132МУXL4	355	4	850	89	613				
4ПФ132LVXL4	450		920		683				
4ПФ160SVXL4	355		860		612	$14 \frac{p9}{h9}$	254	390	220
4ПФ160МУXL4	400	4	930	108	682				
4ПФ160LVXL4	450		970		722				
4ПФ180SVXL4	500	5	1015	121	745	$16 \frac{p9}{h9}$	279	420	235
4ПФ180МУXL4									

Тип двигателя	d_1	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h	h_1	h_5	h_{31}	t_1	Масса, кг
4ПФ112SVXL4										90
4ПФ112МУXL4	32K6	165	M107H	130/6	112	8h11	35	430	5	102
4ПФ112LVXL4										119
4ПФ132SVXL4										132
4ПФ132МУXL4	42K6	215	15H14	180/6	132	8h11	45	500	5	159
4ПФ132LVXL4										186
4ПФ160SVXL4										239
4ПФ160МУXL4	48K6	265	15H14	230/6	160	9h11	51,5	618	5,5	275
4ПФ160LVXL4										
4ПФ180SVXL4	55K6	300	19H14	250/6	180	10h11	59	690	6	356
4ПФ180МУXL4										410

Таблица 4

Технические данные двигателей

Тип двигателя	M, Н·м	M _{max} , Н·м	n _{max} , об/мин	J, кг·м ²	m, кг
1MT	7	50	1500	0,0150 0,0178	26
2MTA	13	80	1500	0,0190 0,0223	30
3MTA	21	110	1500	0,0260 0,0290	33
4MTA	23	120	1500	0,0290 0,0318	36
4MTB	30	170	1500	0,0366 0,0416	40

ходных процессах и степени искрения 1,5
(граничная коммутационная кривая).

Двигатель крепится передним фланцем
с помощью четырех винтов M14, проходя-
щих через отверстия, расположенные на ок-

ружности диаметра 215 мм. Для обеспече-
ния нормальной циркуляции воздуха, охла-
ждающего двигатель, минимальное расстоя-
ние между его корпусом и поверхностями
деталей станка должно быть не менее 50 мм.

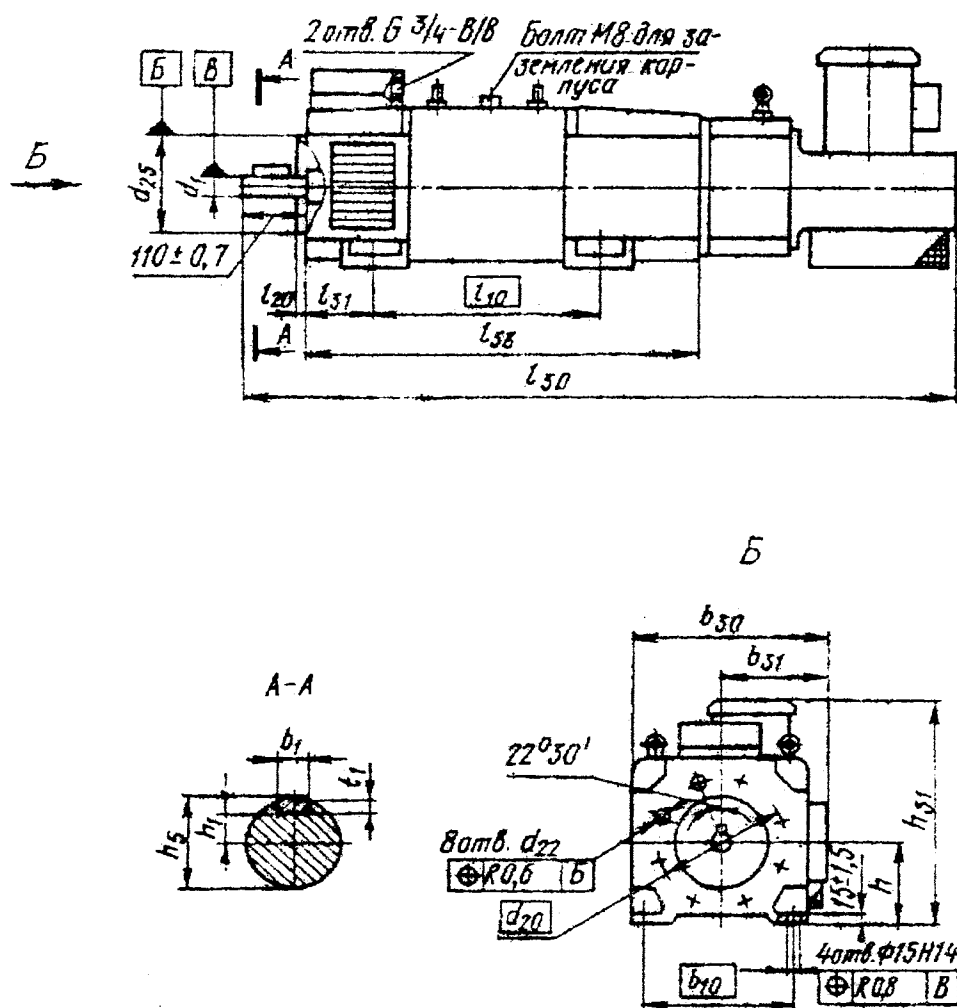
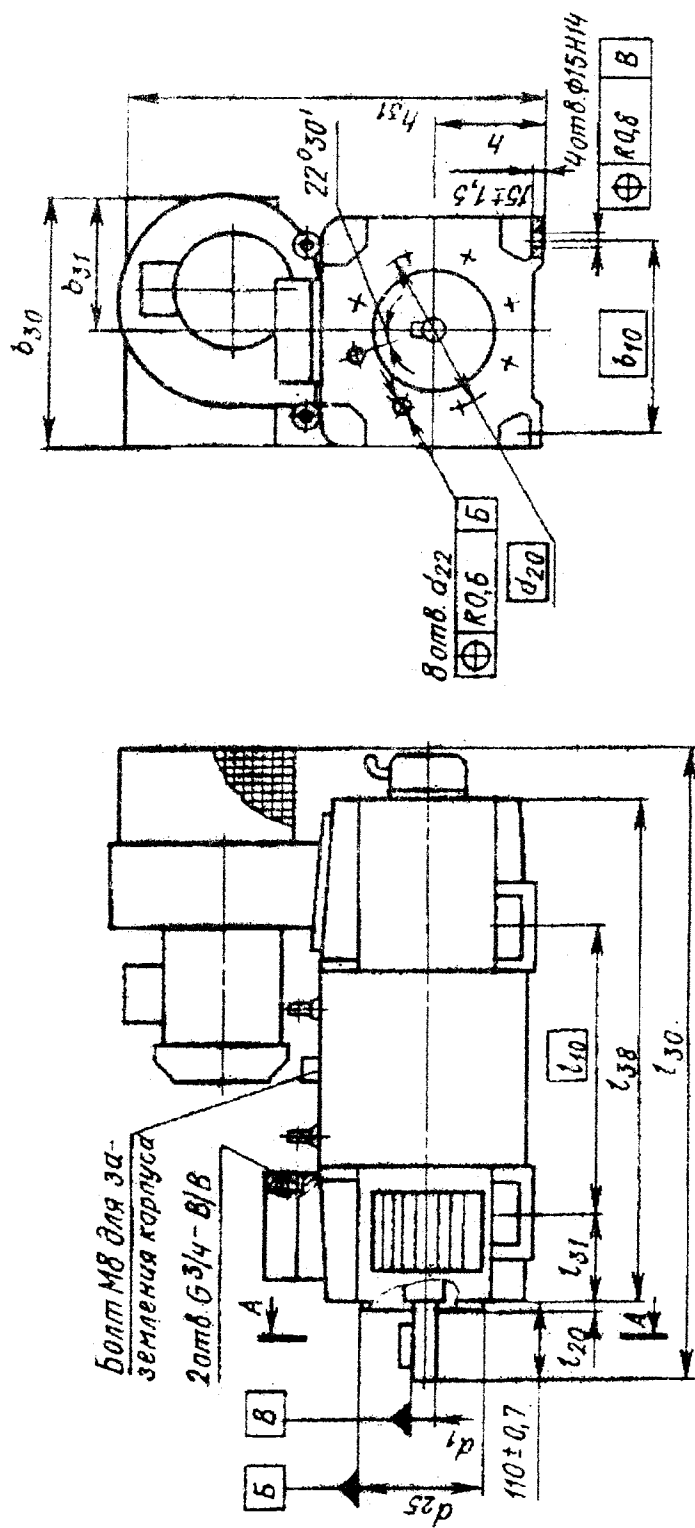


Рис. 1. Электродвигатели 4ПФ112...4ПФ180 с вентилятором, расположенным на валу двигателя



A-A

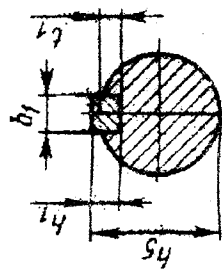


Рис. 2. Электродвигатели 4ПФ112...4ПФ180 с вентильатором, расположенным сверху

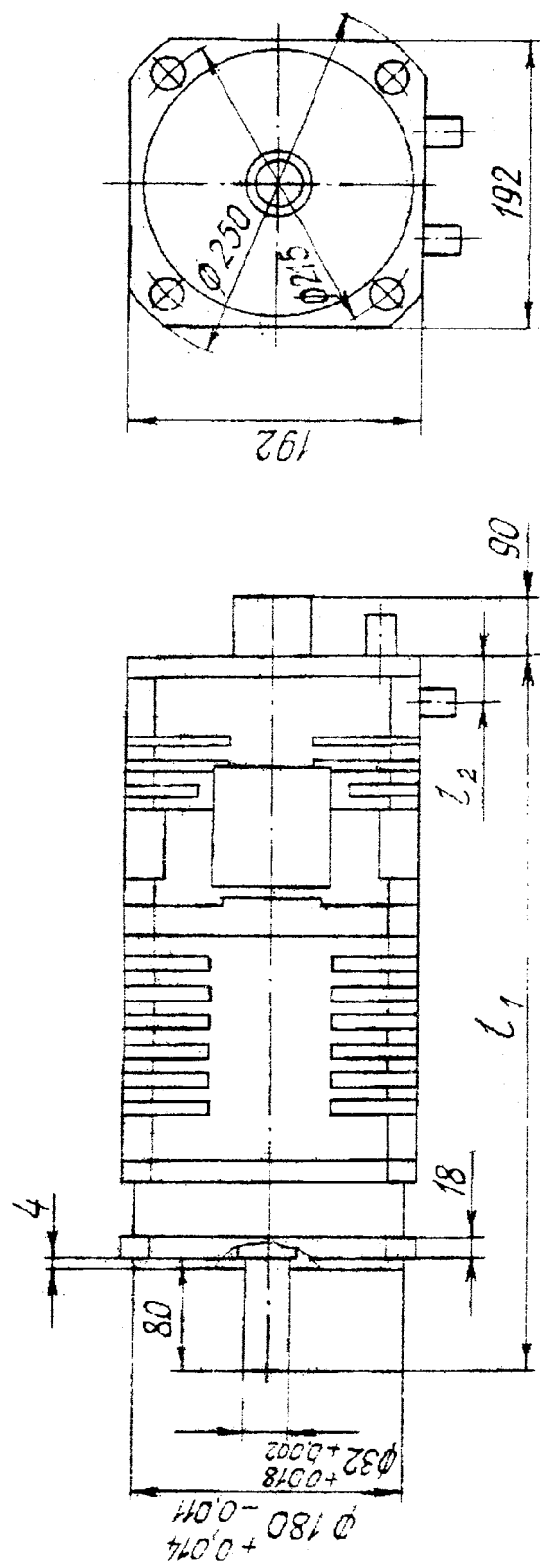


Рис. 3. Электродвигатели серии МТ

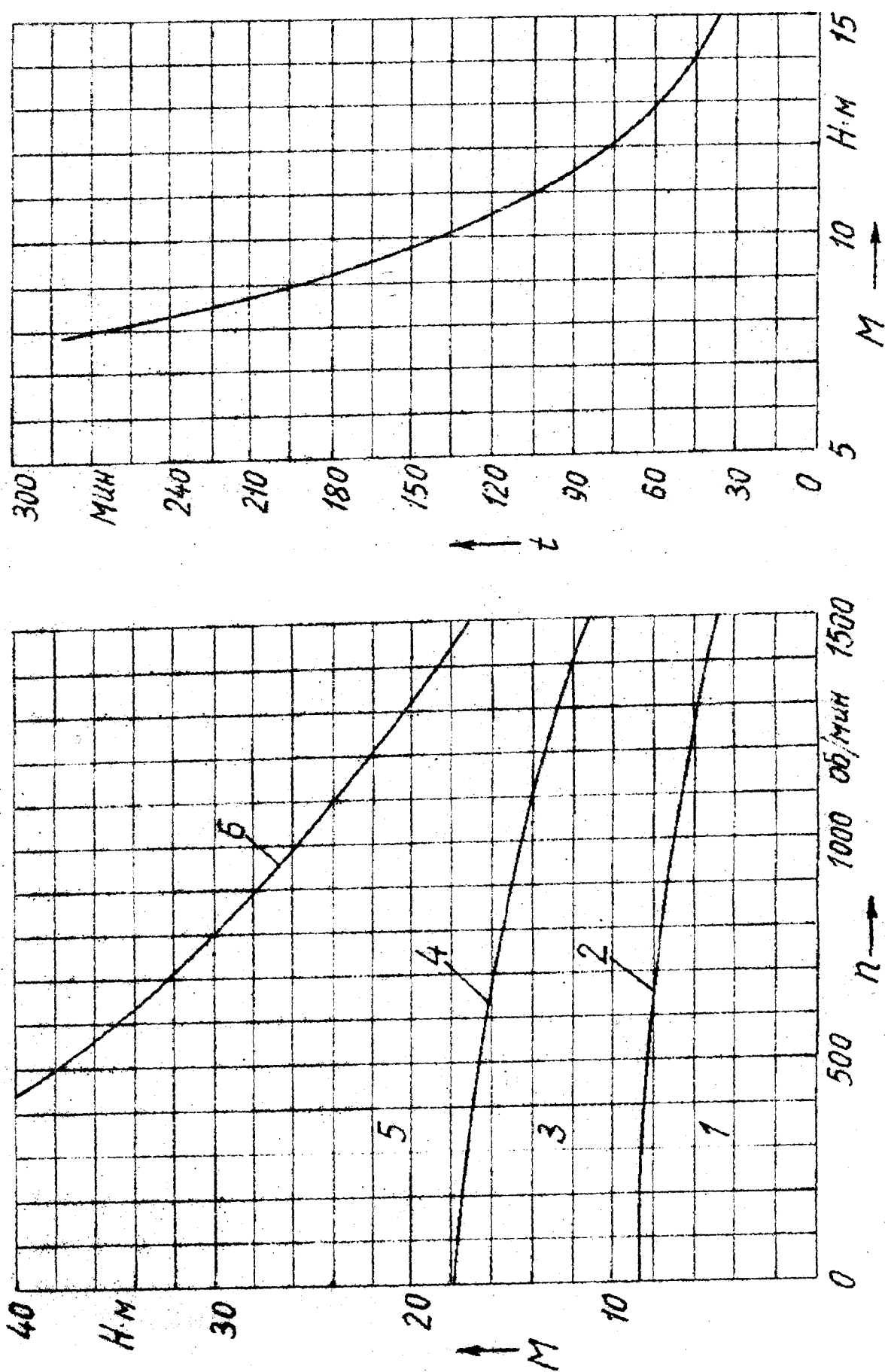


Рис. 4. Диаграмма (а) и допустимое время работы при $n = 375$ об/мин (б) двигателя 1 МГ

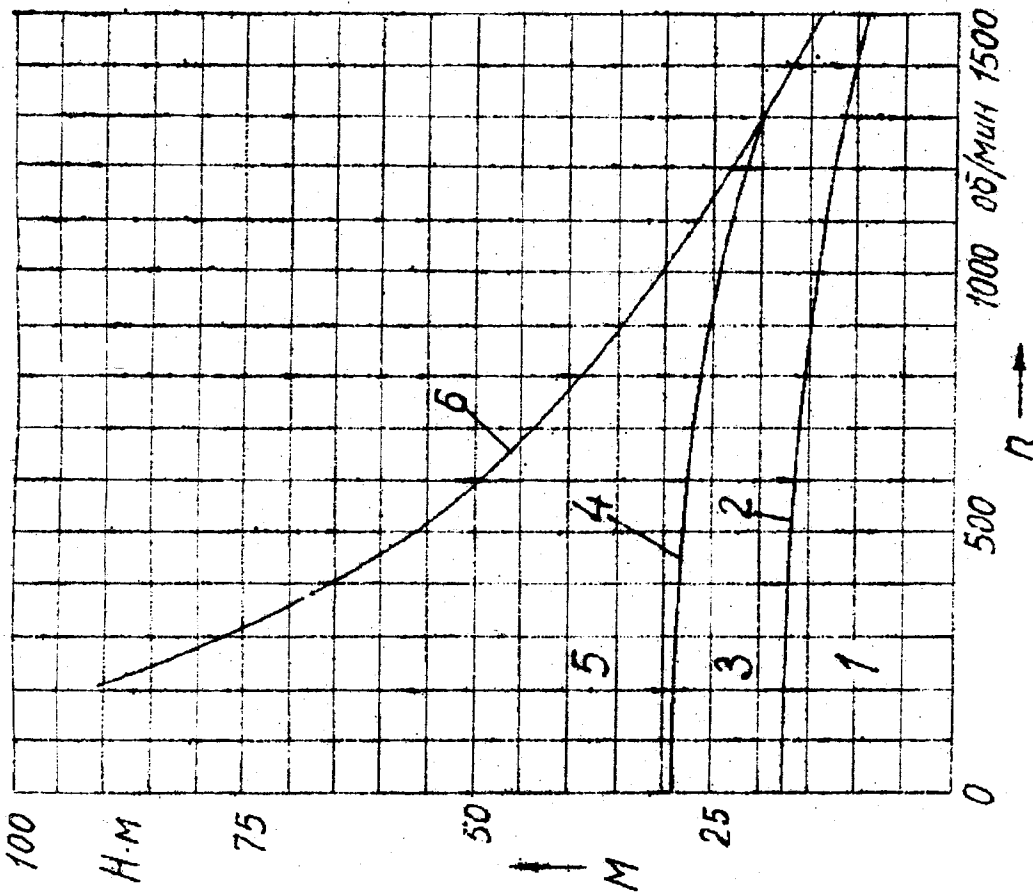
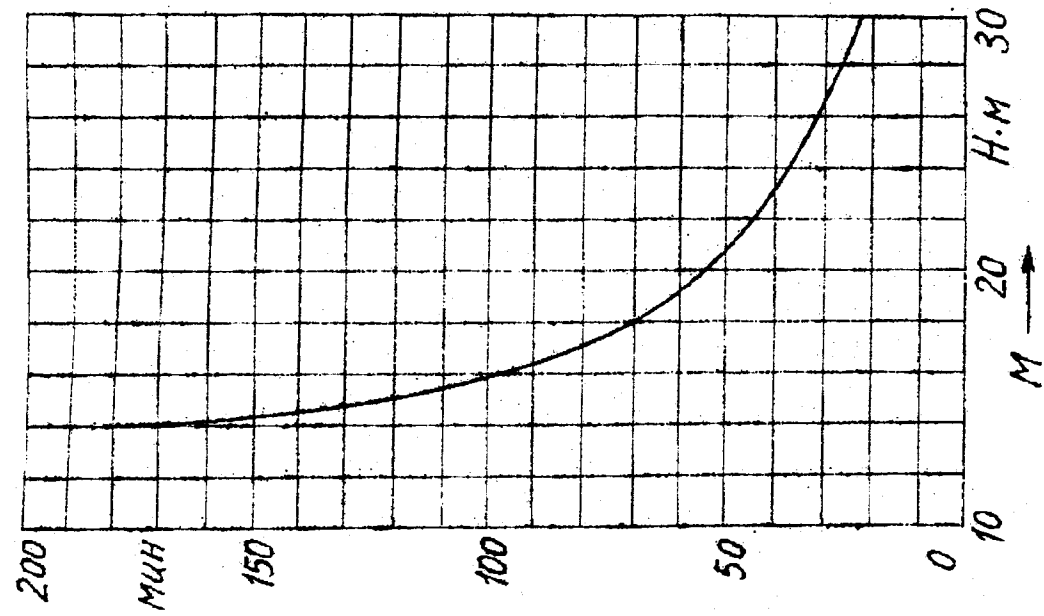


Рис. 5. Диаграмма (а) и допустимое время работы при $n = 375$ об/мин (б) двигателя 2МТА

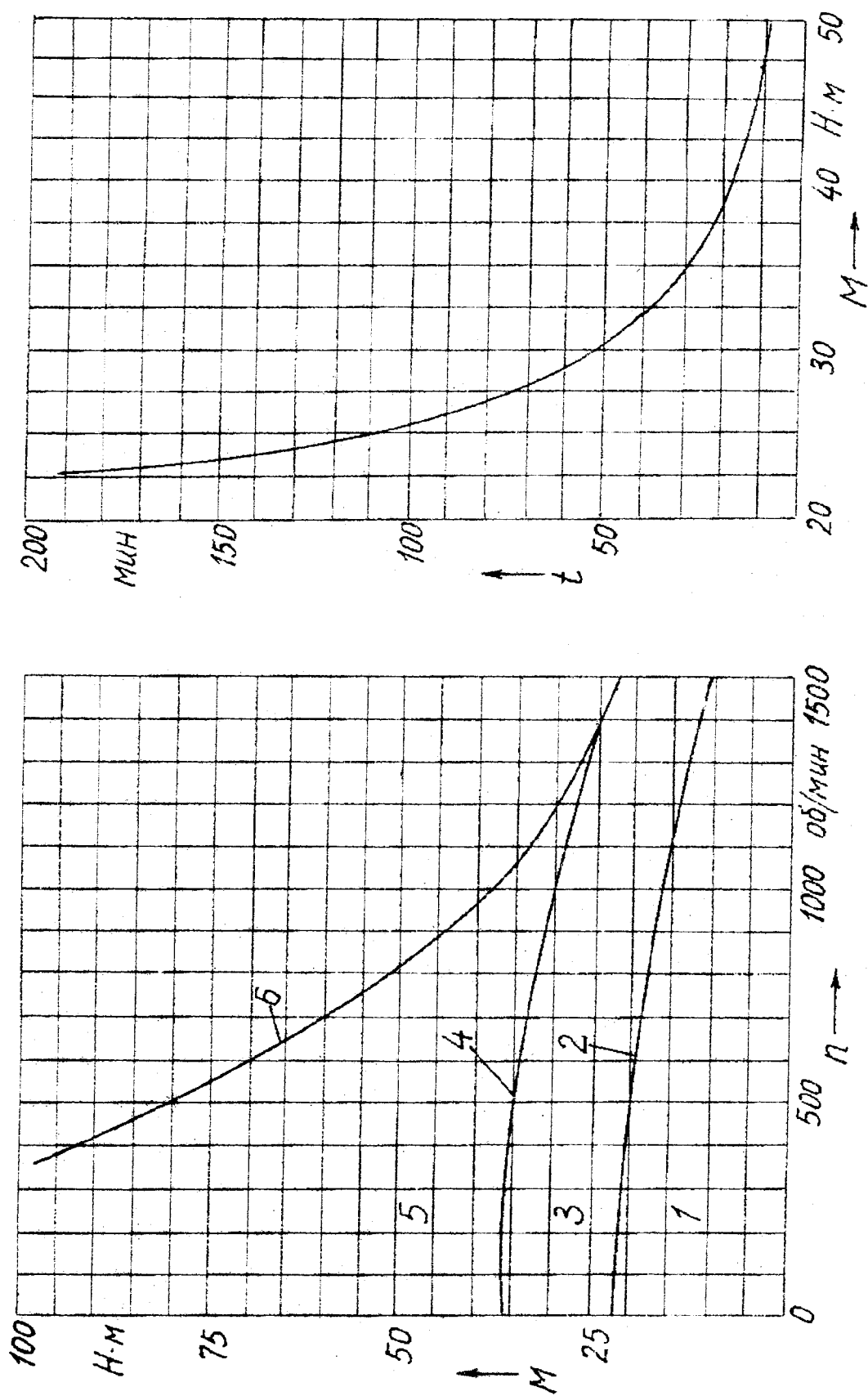


Рис. 6. Диаграмма (а) и допустимое время работы при $n = 375$ об/мин (б) двигателя 3МТА

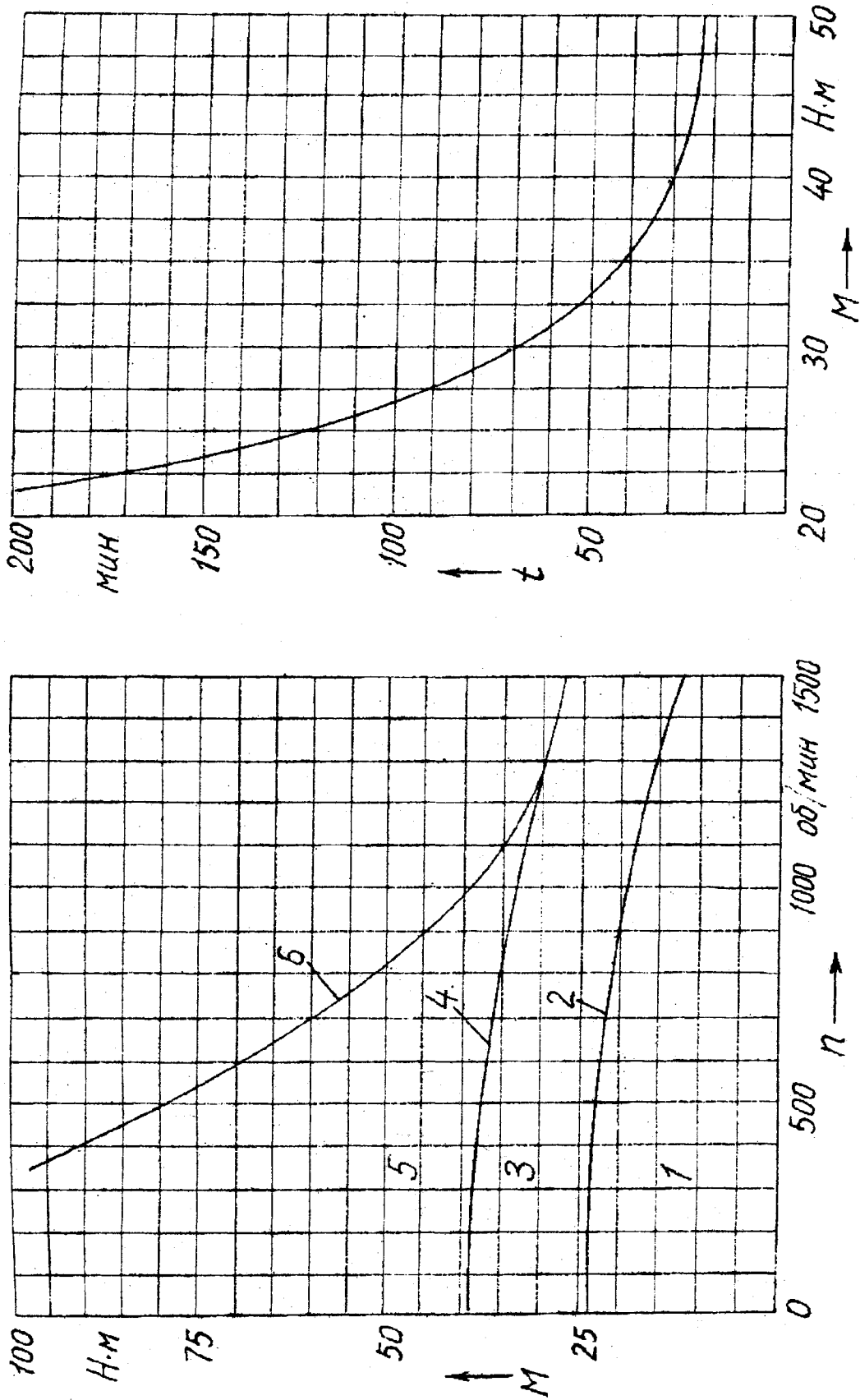


Рис. 7. Диаграмма (а) и допустимое время работы при $n = 375$ об/мин (б) двигателя 4МТА

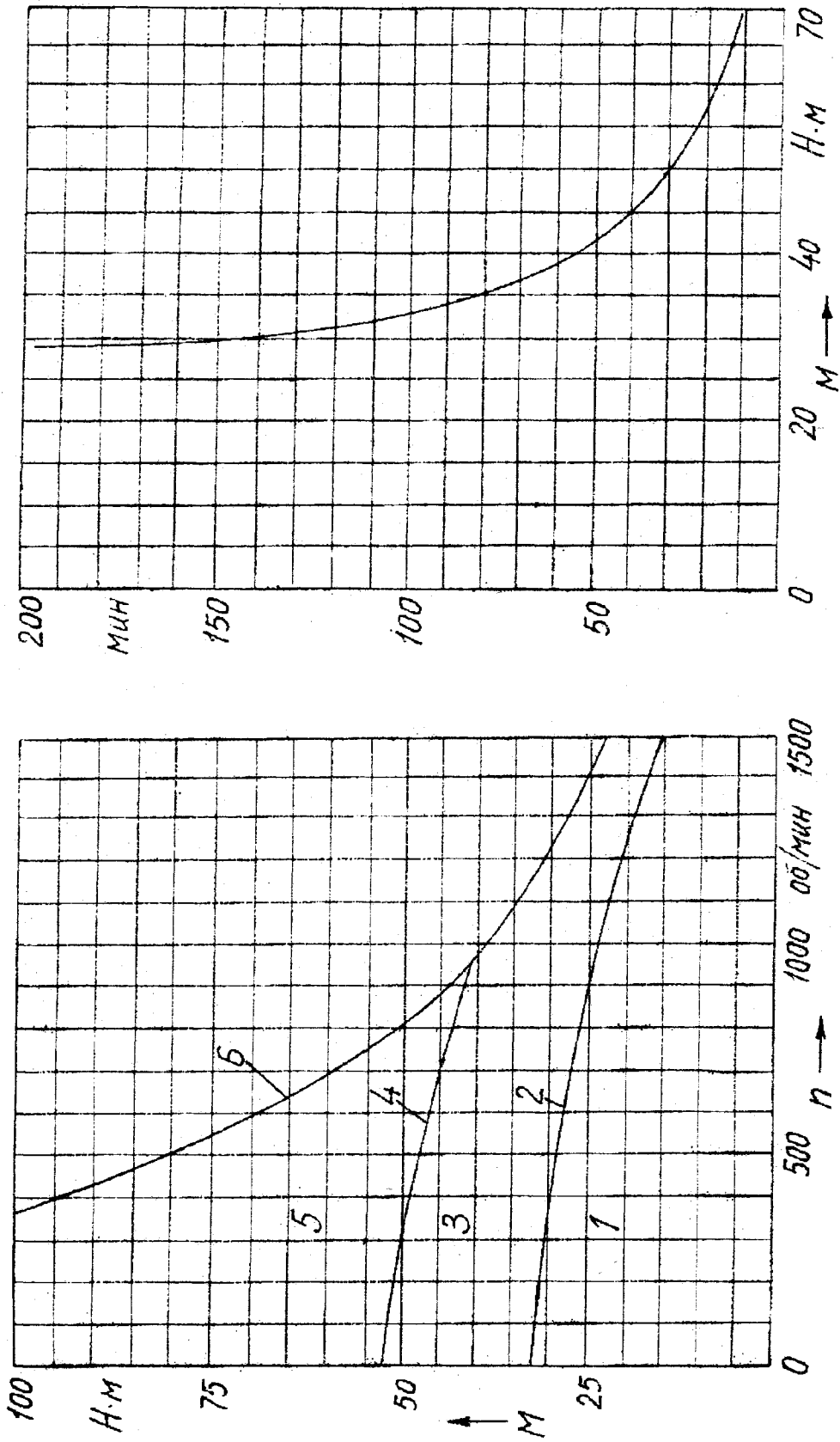


Рис. 8. Диаграмма (а) и допустимое время работы при $n = 375$ об/мин (б) двигателя 4МТВ

Таблица 5

Размеры двигателей, мм

Тип двигателя	Без резольвера		С резольвером	
	l_1	l_2	l_1	l_1
1MT-P	401	33	414	46
1MT-C-CP	442	33	455	46
2MTA-P	412	33	425	46
2MTA-C-CP	453	33	466	46
3MTA-P	435	33	448	46
3MTA-C-CP	476	33	489	46
4MTA-P	465	33	478	46
4MTA-C-CP	506	33	519	46
4MTB-P	474	33	487	46
4MTB-C-CP	520	33	541	46

1.3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ СЕРИИ ЕМТ11

Техническая характеристика муфт.

Муфты серии ЕМТ11 применяются в приводах подач станков и другого оборудования гибких производственных систем. В серию ЕМТ11 входят контактные, бесконтактные и тормозные муфты. Серию образуют муфты 12 габаритов: от 04 до 15. С увеличением габарита муфты возрастают ее размеры и параметры силовой характеристики (табл. 6).

Номинальный передаваемый момент M_n — это номинальное (информационное) значение передаваемого муфтой момента при отсутствии скольжения между дисками; номинальный вращающий момент M_v — это номинальное (информационное) значение вращающего (динамического) момента включенной муфты при наличии скольжения между дисками в моменты разгона, торможения или реверса привода станка; $M_{o.v.}$ — остаточный вращающий момент, т.е. информационное значение остаточного момента, развиваемого отключенной муфтой при наличии скольжения между дисками. Положение оси муфты может быть любым, но приведенные в табл. 6 характеристики обеспечиваются только при горизонтальном положении оси.

Конструкции муфт. В состав контактной муфты с двумя контактными кольцами и внешним поводком (рис. 9, табл. 7) входят магнитопровод, якорь, пакет фрикционных дисков, поводок. Магнитопровод состоит из корпуса 1, катушки 4, контактных колец 2 и поводка 7. Корпус 1 жестко соединен со втулкой 11, между ними имеются немагнитный шов и магнитоизолирующий зазор.

Внутренние фрикционные диски 6 со шлицевыми отверстиями находятся на шлицевом участке втулки 11. Наружные диски 4 имеют пазы, в которые входят выступы поводка 7.

Якорь муфты образован собственно якорем 9 и диафрагмой 8. В осевом направле-

нии якорь зафиксирован пружинным кольцом 10.

Поводок 7 соединен с элементом передаточного механизма привода, например, с зубчатым колесом. При включении катушки 4 путем подвода к ней тока через щетку 3 и контактные кольца 2 возникает электромагнитная сила, под действием которой якорь 7 сжимает пакет дисков. При этом силами трения между дисками вращающий момент передается от ведущего вала, который входит во втулку 11, ведомому элементу, связанному с поводком 6. Движение может передаваться и в обратном направлении.

Контактная муфта с одним контактным кольцом и поводком на магнитопроводе (рис. 10, табл. 8) состоит из магнитопровода 1, поводка 2, втулки 3, контактного кольца 4. Осевое положение якоря определяется разжимным кольцом 10.

Контактная муфта с одним контактным кольцом и внешним поводком (рис. 11, табл. 9) по конструкции похожа на муфту, представленную на рис. 9.

Тормозная муфта (рис. 12, табл. 10) имеет поводок 2, жестко соединенный с корпусом 1 станка. С помощью винтов корпус муфты прикреплен к стенке корпусной детали механизма. Во втулку 3 входит вал механизма. При подаче напряжения на катушку муфты между дисками возникает трение, создающее тормозной момент, равный вращающему моменту муфты. Через втулку 3 этот момент приложен к валу механизма.

Бесконтактная муфта с поводком на магнитопроводе, который установлен на шарикоподшипнике 1 (рис. 13, табл. 11), имеет магнитопровод, состоящий из неподвижного катушкодержателя 2 с катушкой 3 и вращающегося корпуса 6. Напряжение к катушке подводится от блока контактных зажимов 5, который, как и катушкодержатель 2, прикреплен к планке 4. Эта планка крепится к корпусу механизма.

Бесконтактная муфта с поводком на магнитопроводе без подшипника (рис. 4,

табл. 12) изготавливается в двух исполнениях, различающихся конструкцией элементов, предназначенных для соединения муфты с корпусом механизма станка.

Бесконтактные муфты рекомендуется применять при высокой частоте вращения валов, частых включениях, затрудненном доступе к муфтам для осмотра. В других случаях можно применять более простые контактные муфты.

Размеры посадочных отверстий муфт приведены в табл. 13 и 14.

Электромагнитная муфта бесконтактного типа ЭИМ...4, встроенная в механизм (рис. 15). Муфта имеет магнитопровод, состоящий из вращающегося корпуса 8 и неподвижного катушкодержателя 9, разделенных зазором a , предназначенным для снижения теплоотдачи от фрикционных дисков к катушке. Катушкодержатель 9 установлен в расточке крышки 12, закрепленной в корпусе 11, и зафиксирован винтом. Пакет магнитопроводящих фрикционных дисков состоит из дисков двух типов. Внутренние диски 6 расположены на шлицах, нарезанных на втулке, которая с помощью шпонки связана с валом. На наружных дисках 7 имеются пазы, в которые входят выступы поводка 3, соединяющего муфту с зубчатым колесом 2. Это колесо сидит на ступице 1 и связано с ней и поводком 3 пальцами 14.

При подаче тока в катушку магнитный поток замыкается, диски и якорь 5 притягиваются к корпусу 8. Между дисками возникает фрикционное сцепление, благодаря которому крутящий момент от вала передается зубчатому колесу. После отключения муфты происходит ее расцепление благодаря упругости наружных дисков, боковые поверхности которых имеют "волну" специальной формы.

Для смазывания трущихся поверхностей муфты, удаления продуктов изнашивания и отвода теплоты через трубопровод 13, осевое отверстие в валу и радиальное 4 к диску муфты подводится смазочный материал.

Воздушные зазоры в электромагнитной муфте (a и другие) обеспечиваются путем подготовки компенсаторного кольца 10. Для этого между конусными поверхностями неподвижной и подвижной частей муфты закладываются три пластины заранее определенной толщины. Измеряется зазор между левым торцом корпуса 9 муфты и торцом крышки 12. Затем компенсатор обрабатывается на размер зазора. После подгонки три пластины вынимаются.

1.4. Фотоэлектрический преобразователь угловых перемещений BE178A

Преобразователь (рис. 16) предназначен для информационной связи по положению между механизмами станка и устройством

числового программного управления, а также для систем автоматического управления в станках. В частности, он применяется для отсчета перемещений исполнительных органов станков с ЧПУ, оснащенных следящими приводами.

Преобразователь BE178A состоит из механической, оптической и электронной частей. Вал 1 преобразователя (рис. 17) с помощью муфты связан с винтом привода подачи станка или с валом другого механизма. Вместе с валом 1 вращается растровый диск 5. Световой поток от светодиода 2 проходит через линзу 3, растровую индикаторную пластину 4 и диск 5. Последний вместе с пластиной 4 образует обтюрационное растровое сопряжение. На индикаторной пластине растры расположены в двух секторах, сдвинутых один относительно другого на четверть шага растров.

Два фотодиода, установленные над каждым из этих секторов индикаторной пластины и сопрягаемыми с ними растрами диска, выдают несформированные квазисинусоидальные сигналы: основной и смещенный.

В то же время световой поток поступает на фотодиоды 9, которые являются источниками компенсационных напряжений, обеспечивающих компенсацию постоянных составляющих несформированных сигналов. Фотодиод 7, находящийся в центральной части растрового диска, выдает несформированный сигнал начала отсчета (нулевой сигнал).

Несформированные сигналы трех названных каналов и компенсационные напряжения поступают на входы формирователей, которые преобразуют синусоидальное напряжение в прямоугольные импульсы. Периоду синусоидального сигнала соответствует один период прямоугольного сигнала.

За один оборот входного вала преобразователь BE178A выдает 250, 600, 1000, 1024, 1500, 2000 или 2500 сигналов (это число равно количеству Z делений на растровом диске), а преобразователь BE178A-1, в котором отсутствует канал сигнала начала отсчета, выдает 100 сигналов. Максимальная рабочая частота вращения вала преобразователя (об/мин) определяется по зависимости

$$n_{\max} = 60 F / z,$$

где F — наибольшая частота выходных сигналов, Гц; z — количество периодов выходных сигналов (количество делений на растровом диске). Частота n_{\max} не должна превышать 10000 об/мин.

2. ШПИНДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ

2.1. Подшипники шпиндельных узлов

В металлорежущих станках в качестве опор шпинделей применяют подшипники

Основные параметры технической характеристики муфт серии ЕМТ-11

Габарит муфты	Номинальный передаваемый момент M_n , Н·м	Вращающий момент M_v , Н·м	Остаточный вращающий момент $M_{o.v.}$, Н·м	Номинальная частота вращения n , об/мин	Пределная частота вращения n , об/мин	
					контактных муфт	бесконтактных и тормозных муфт
04	16	10	0,4		5000	7000
05	25	16	0,6		4500	6000
06	40	25	1,0	1500	4000	5000
07	63	40	1,8		3500	4500
08	100	63	2,2		3000	4000
09	160	100	2,7	1000	2800	3800
10	250	160	4,0		2500	3600
11	400	250	6,0		2200	3200
12	630	400	9,0		2000	2900
13	1000	630	18,0	750	1800	2700
14	1600	1000	27,0		1600	2500
15	2500	1600	36,0		1400	2300

Габарит муфты	Время, с, не более		Момент инерции J , кг·м ²	Ресурс, циклы	Частота включения вкл./ч	Полная работа трения, кДж
	запаздывания	нарастания момента				
04	0,057	0,2	0,045			1,0·10 ⁶
05	0,07	0,25	0,06		300	1,5·10 ⁶
06	0,08	0,28	0,01	5,5·10 ⁶		2,4·10 ⁶
07	0,091	0,32	0,015			8,7·10 ⁶
08	0,1	0,35	0,02		260	4,9·10 ⁶
09	0,109	0,38	0,075			8,2·10 ⁶
10	0,114	0,4	0,125		130	11,1·10 ⁶
11	0,145	0,51	0,3	4,5·10 ⁶		14,8·10 ⁶
12	0,2	0,6	0,45		110	22,2·10 ⁶
13	0,266	0,8	0,75		100	27,8·10 ⁶
14	0,346	0,97	1,05	3,5·10 ⁶	100	38,6·10 ⁶
15	0,41	1,15	1,4		80	55,0·10 ⁶

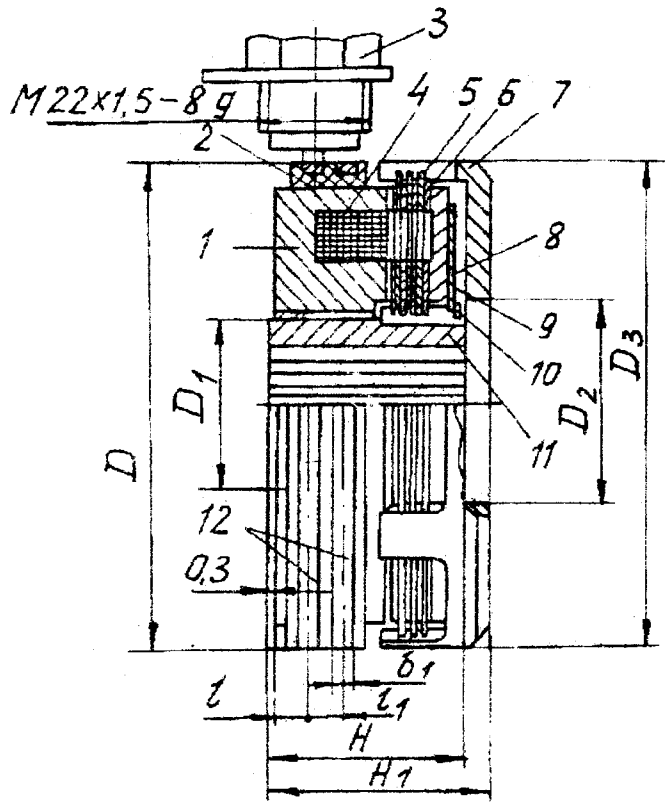


Рис. 9. Контактная муфта с двумя контактными кольцами и внешним поводком

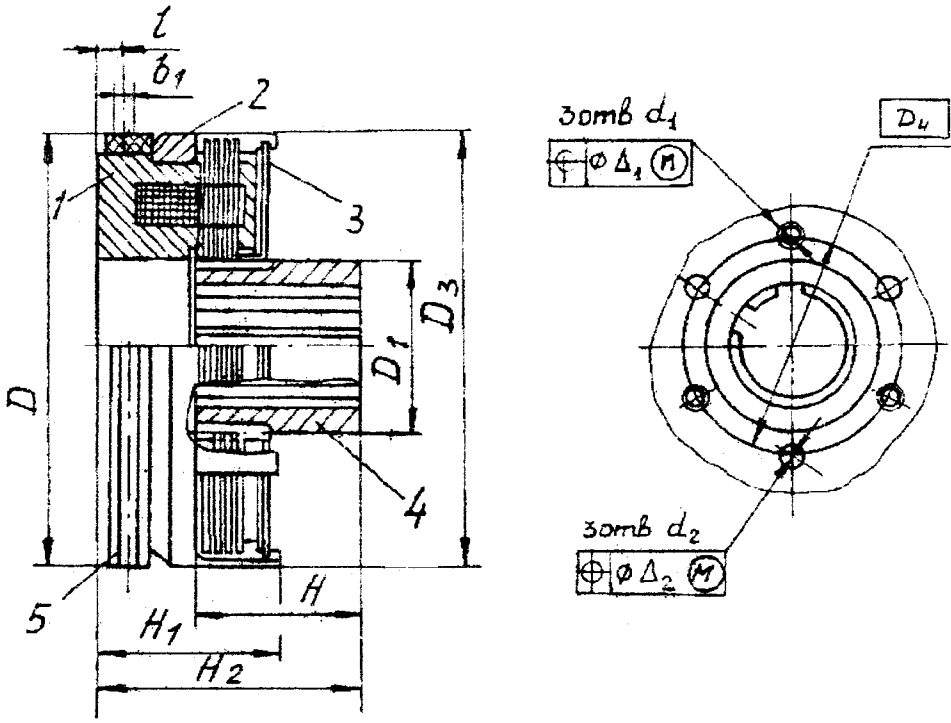


Рис. 10. Контактная муфта с одним контактными кольцом и поводком на магнитопроводе (остальное по рис. 9)

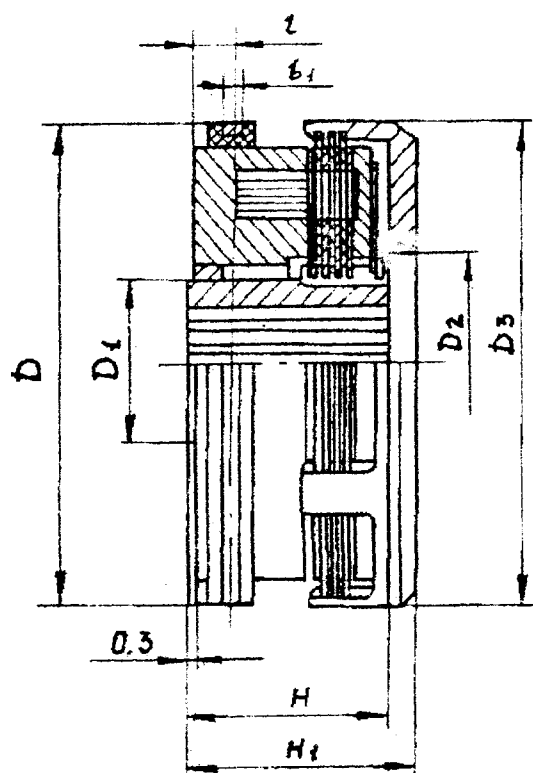


Рис. 11. Контактная муфта с одним контактным кольцом и внешним поводком

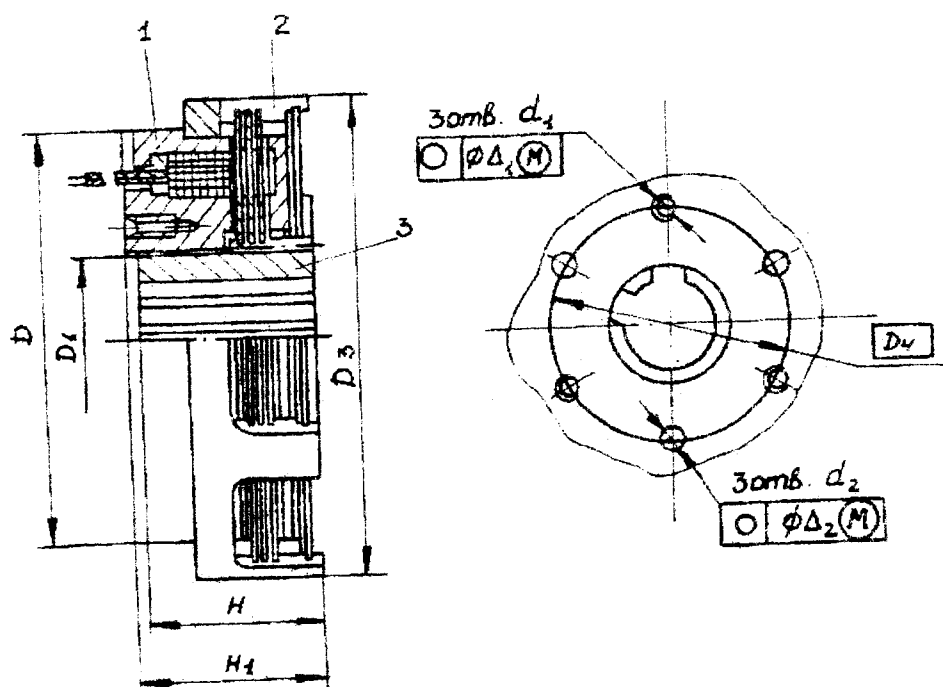


Рис. 12. Тормозная муфта

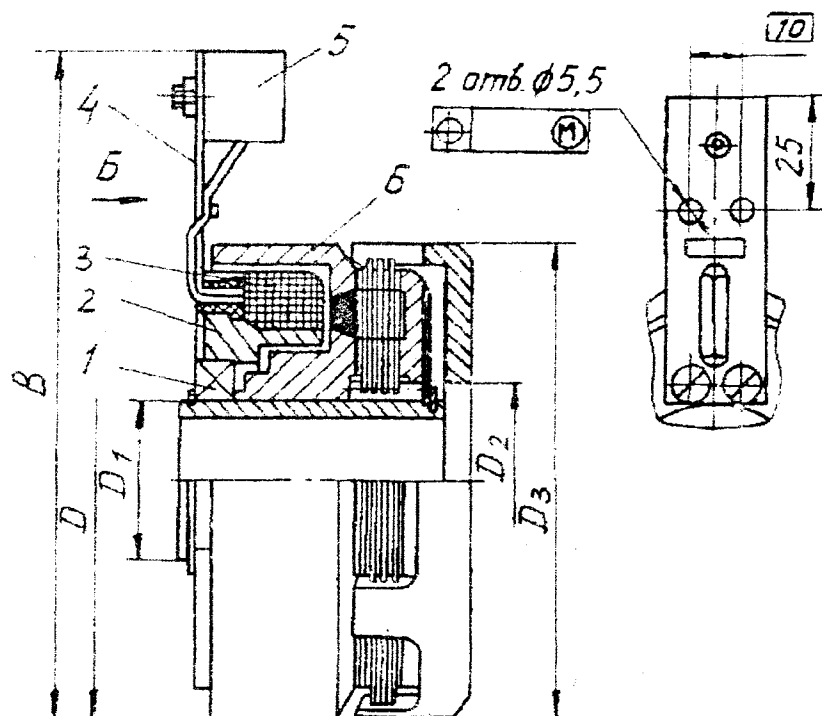


Рис. 13. Бесконтактная муфта с поводком на магнитопроводе

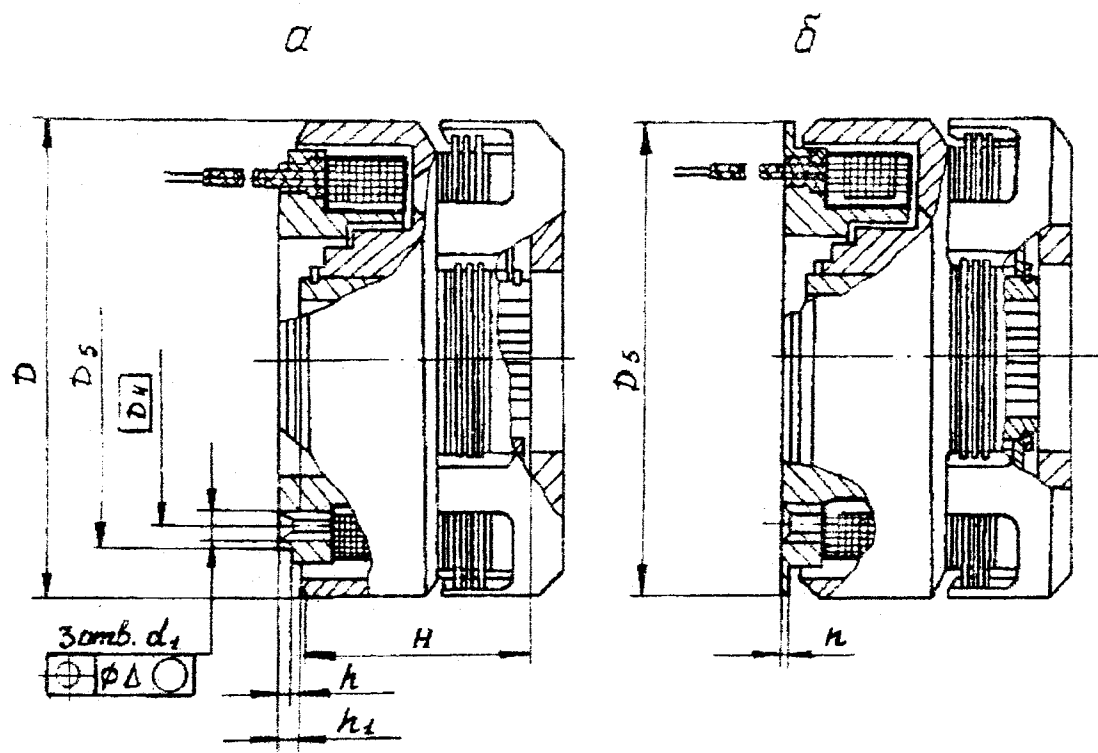


Рис. 14. Бесконтактная муфта с поводком на магнитопроводе без подшипника

Размеры контактных муфт с двумя контактными кольцами
и внешним поводком, мм

Габарит муфты	D	D ₁	D ₂	D ₃	H, не более	H ₁ , не более	b ₁	l	l ₁
04	75	24	30	74	32,5	37,2			
05	80	28	32	80	34,5	42,0		5,25	9,5
06	90	34	40	90	37,0	42,2			
07	100	35	40	100	38,5	43,3	6,5		
08	110	44	50	110	43,0	47,3		7,25	10,5
09	120	48	55	120	47,0	50,8			
10	135	52	60	135	57,5	61,5			
11	150	64	70	150	63,5	69,5	8,0	8,0	12,0
12	170	73	80	170	69,0	75,5			
13	190	89	100	192	79,5	86,5			
14	215	97	110	217	90,0	99,0	9,0	9,5	15,0
15	240	106	130	240	102,5	115,0		10,5	

Размеры контактных муфт с одним контактными кольцом и поводком
на магнитоприводе, мм

Габарит муфты	D	D ₁	D ₃	D ₄	H, не более	H ₁ , не более	H ₂	b ₁	d ₁	d ₂	l
04	75	25	74	34	30	32	48,5		M3-6H	3	
05	80	30	80	39	30	34	50		M3-6H	3	5,75
06	90	35	90	46	34	36,5	54,5	6,5	M3-6H	3	
07	100	37	100	49	37,5	37,5	56,5		M4-7H	4	
08	110	45	110	56	38	42	61		M5-7H	5	6,25
09	120	50	120	65	41,5	46	64,5		M6-7H	6	
10	135	55	135	73	58	56	87		M6-7H	6	
11	150	65	150	81	57,5	62	91	8	M8-7H	8	8
12	170	75	170	93	63	69	99		M8-7H	8	
13	190	90	192	110	73	78,5	112		M10-7H	10	
14	215	100	217	122	84	89,5	129	9	M10-7H	10	9,5
15	240	110	240	136	95	101,5	148		M12-7H	16	10,5

Таблица 9

Размеры контактных муфт с одним контактным
кольцом и внешним поводком, мм

Габарит муфты	D	D ₁	D ₂	D ₃	H, не более	H ₁ , не более	b ₁	l
04	75	25	30	74	32,5	37,2		
05	80	30	32	80	34,5	42,0		5,75
06	90	35	40	90	37	42,2		
07	100	37	40	100	38,5	43,3	6,5	
08	110	45	50	110	43	47,3		6,25
09	120	50	55	120	47	50,8		
10	135	55	60	135	57,5	61,5		
11	150	65	70	150	63,5	69,5	8,0	8
12	170	75	80	170	69	75,5		
13	190	90	100	192	79,5	86,5		
14	215	100	110	217	90	99,0	9,0	9,5
15	240	110	120	240	102,5	115,0		10,5

Таблица 10

Размеры тормозных муфт с внешним поводком, мм

Габарит муфты	D ₁	D ₃	D ₄	H, не более	H ₁ , не более	d ₁	d ₂
04	24	74	84	30	32	M3-6H	3
05	30	80	89	30	34	M3-6H	3
06	35	90	96	34	36,5	M3-6H	3
07	37	100	99	37,5	37,5	M4-7H	4
08	45	110	106	38	42	M5-7H	5
09	50	120	115	41,5	46	M6-7H	6
10	55	135	128	53	56	M6-7H	6
11	65	150	141	57,5	62	M8-7H	8
12	75	170	163	63	69	M8-7H	8
13	90	192	190	73	78,5	M10-7H	10
14	100	217	222	84	89,5	M10-7H	10
15	110	240	236	95	101,5	M12-7H	16

Таблица 11

Размеры бесконтактных муфт с поводком на магнитоприводе
со встроенным подшипником, мм

Габарит муфты	D	D ₁	D ₂	D ₃	В, не более	Н, не более	Н ₁ , не более
04	72	25	30	74	116,5	46	50,7
05	80	30	32	80	124,5	50	55,5
06	90	35	40	90	133,0	52,5	57,7
07	100	40	40	100	146,0	55	59,8
08	110	45	50	110	154,0	58,5	62,8
09	120	50	55	120	162,5	69,5	73,3
10	135	55	60	135	178,0	72	76
11	150	65	70	150	196,0	80	86
12	170	75	80	170	216,0	92	98,5
13	190	90	100	192	234,5	98,5	105,5
14	215	100	110	217	258,0	109	118
15	240	110	130	240	283,0	123,5	136

Таблица 12

Размеры бесконтактных муфт с поводком
на магнитоприводе без подшипника, мм

Габарит муфты	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	Н, не более	Н ₁ , не более	h	h ₁	d ₁
04	72	25	30	74	50	60	39	51,1		3,2	
05	80	30	32	80	60	70	43	56	2	4,3	M3-6H
06	90	35	40	90	70	80	45,5	57,9		4,0	
07	100	40	40	100	80	90	48	60,5		5,0	
08	110	45	50	110	90	100	50	64	3	5,5	M5-7H
09	120	50	55	120	100	110	62,5	74,5		5,5	
10	135	55	60	135	110	125	68	77,2		6,5	
11	150	65	70	150	120	140	70	88,2		7,0	M6-7H
12	170	75	80	170	140	160	82	99,3	4	7,5	
13	190	90	100	192	150	180	85,5	107,1		6,4	
14	215	100	110	217	180	200	96	119,7		7,0	M8-7H
15	240	110	130	240	200	220	106,5	137,2		7,0	

Таблица 13

Размеры гладкого посадочного отверстия, мм (не более)

Габарит муфты	Первый ряд		Второй ряд		Третий ряд	
	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>d + t</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>d + t</i>
04	18	4	20,3	16	5	18,3
05	20	5	21,8	18	6	20,8
06	22	5	24,3	20	6	22,8
07	25	6	27,8	22	6	24,8
08	30	8	33,3	25	8	28,3
09	35	10	38,3	30	8	33,3
10	40	12	43,3	35	10	38,3
11	50	14	53,8	40	12	43,3
12	60	14	63,8	50	14	53,8
13	70	14	73,8	60	18	64,4
14	80	16	84,3	70	20	74,9
15	90	18	94,4	80	22	85,4

Таблица 14

Размеры шлицевого посадочного отверстия

Габарит муфты	Первый ряд		Второй ряд		Третий ряд	
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>d</i>
04	D-6x16H12x20H7x4D9					
05	D-6x18H12x28H7x5D9					
06	D-6x21H12x25H7x5D9		D-6x16H12x20H7x4D9			
07	D-6x26H12x30H7x6D9		D-6x18H12x22H7x5D9		D-6x16H12x20H7x D9	
08	D-6x28H12x34H7x7D9		D-6x21H12x25H7x5D9		D-6x18H12x20H7x D9	
09	D-8x36H12x40H7x7D9		D-6x26H12x30H7x6D9		D-6x21H12x25H7x D9	
10	D-8x42H12x46H7x8D9		D-6x28H12x34H7x7D9		D-6x26H12x30H7x D9	
11	D-8x46H12x54H7x9D9		D-8x36H12x40H7x7D9		D-6x28H12x34H7x D9	
12	D-8x56H12x65H7x10D9		D-8x42H12x46H7x8D9		D-8x36H12x40H7x D9	
13	D-8x62H12x72H7x12D9		D-8x46H12x54H7x9D9		D-8x42H12x46H7x D9	
14	D-10x72H12x82H7x12D9		D-8x56H12x65H7x10D9		D-8x46H12x54H7x D9	
15	D-10x82H12x92H7x12D9		D-8x62H12x72H7x12D9		D-8x56H12x65H7x D9	
			D-10x72H12x82H7x12D9		D-8x62H12x72H7x D9	

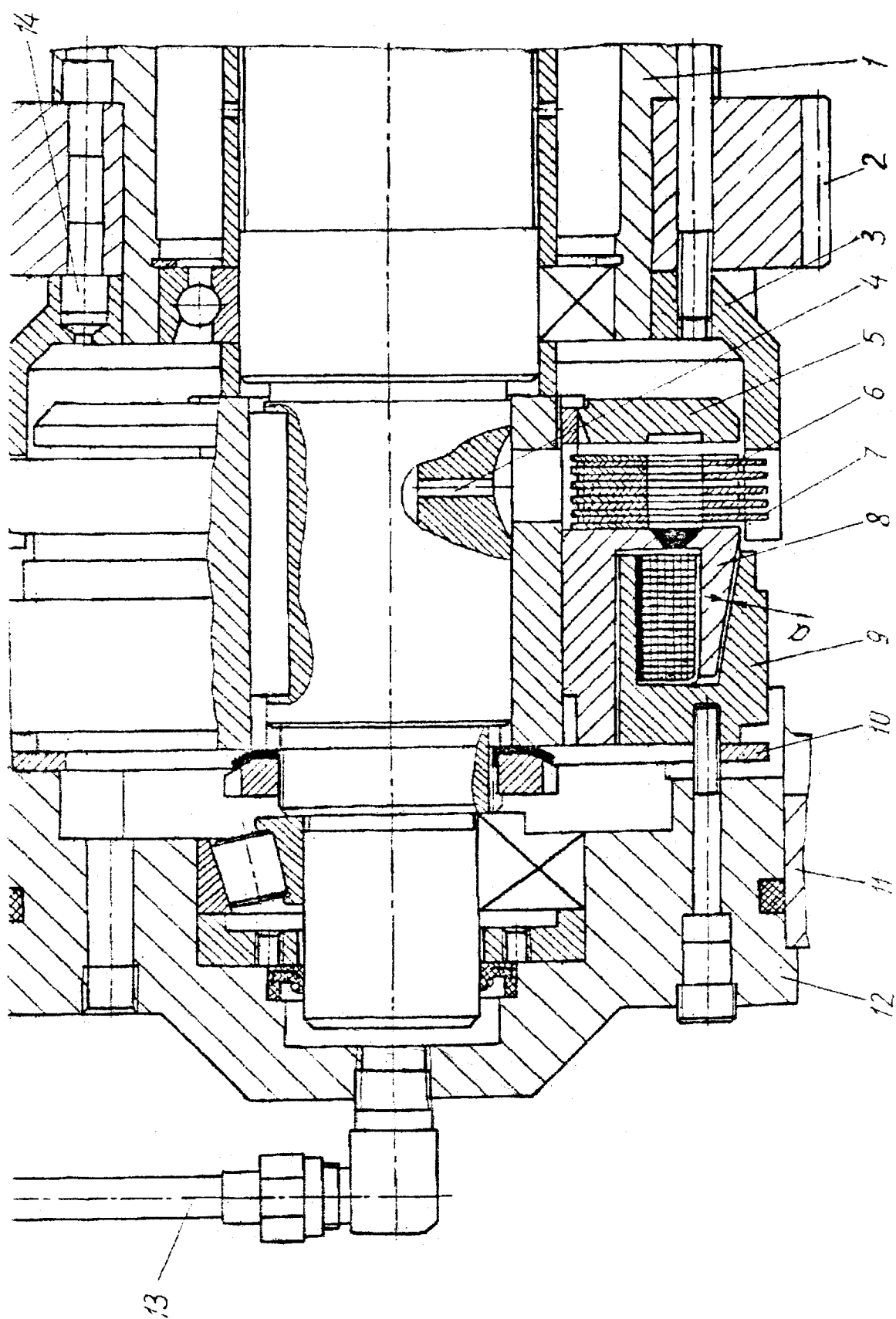


Рис. 15. Электромагнитный муфта бесконтактного типа Э1М...4

Таблица 15

Количественные характеристики подшипников качения с $d = 100$ мм (серия диаметров 1)

Тип подшипника	Схема комплектования	$n_{\text{н max}}$, об/мин		$dn_{\text{max}} \cdot 10^{-5}$, мм·об/мин	
		смазывание пластичным материалом	минимальное смазывание маслом	смазывание пластичным материалом	минимальное смазывание маслом
Радиально-упорный шарикоподшипник	Одинарные	6300-8500	8500-14000	8,5	14,0
	Дуплекс тандем	5700-8200	7700-12600	8,2	12,6
	Дуплекс 0	4700-6800	7100-11200	6,8	11,2
	Триплекс тандем-0	3800-6000	5100-9800	6,0	9,8
Упорно-радиальный двухрядный шарикоподшипник ($\beta = 60^\circ$)	—	3800-4300	5000	4,3	5,0
Радиальный двухрядный роликоподшипник	—	5300	6000-6300	5,3	6,3
Конический роликоподшипник	—	2000	3000-3200	2,0	3,2
Особобыстроходный специальный конический роликоподшипник	—	—	До 10000*	—	10,0
Сверхскоростной радиально-упорный шарикоподшипник	—	—	До 18000**	—	18,0

* При обильном смазывании охлажденным маслом и управлении предварительным натягом.

** Такая частота вращения достигается благодаря изменению конструкции подшипника, однако при этом его несущая способность снижается почти в 2 раза. Альтернативная конструкция — подшипники с керамическими шариками — имеет очень высокую стоимость.

Таблица 16

Области применения подшипников качения

Виды станков и шпинделей	Требуемый параметр $P \cdot 10^{-5}$, мм·об/мин	Рекомендуемые для применения виды подшипников качения (передние опоры шпиндельных узлов)
1	2	3
Станки с ручным управлением; традиционные автоматические линии; небыстроходные станки с ЧПУ	До 2,5	Радиальные двухразрядные роликоподшипники совместно с упорно-радиальными шарикоподшипниками; конические роликоподшипники; радиально-упорные шарикоподшипники одинарные, при схемах комплектования дуплекс и триплекс со средним или тяжелым предварительным натягом, смазывание, по преимуществу, пластичным материалом
Среднескоростные токарные, фрезерные, шлифовальные и другие станки	2,5-4	Радиальные двухразрядные роликоподшипники совместно с упорно-радиальными шарикоподшипниками, смазывание маслом или минимальное; радиально-упорные шарикоподшипники при схеме комплектования дуплекс и триплекс, смазывание пластичным материалом
Скоростные токарные, фрезерные и многоцелевые станки с ЧПУ; внутришлифовальные головки	4-8	Радиально-упорные шарикоподшипники при схеме комплектования дуплекс и триплекс, смазывание пластичным материалом; при максимальной частоте вращения — минимальное смазывание маслом

1	2	3
Особобыстроходные станки для обработки заготовок из цветных металлов и сплавов, а также композиционных материалов	6-12	Специальные особобыстроходные радиально-упорные шарикоподшипники (одинарные и при схеме комплектования дуплексе); минимальное смазывание маслом, циркуляционное смазывание с охлаждением масла; при $\Pi = 7,2 \cdot 10^{-5}$ мм·об/мин допустимо смазывание пластичным материалом
Особомощные и особобыстроходные высокопроизводительные станки для обработки заготовок из черных металлов	6-10	Специальные конические роликоподшипники; циркуляционное смазывание с охлаждением масла
Фрезерные электрошпиндели	12-18	Специальные особобыстроходные радиально-упорные шарикоподшипники (в т. ч. и с керамическими шариками); инжекционное смазывание с отсасыванием и охлаждением масла

разных типов: качения, гидродинамические, газодинамические, гидростатические, газостатические, активные магнитные. Изменение качественных и количественных характеристик подшипников в широких пределах [4] предопределяет области их применения.

Максимальная допустимая частота вращения подшипника качения $n_{\text{п max}}$ и параметр быстроходности шпиндельного узла $\Pi = dn_{\text{max}} \cdot 10^5$ (здесь d — диаметр шейки шпинделя в передней опоре, мм; n_{max} — максимальная частота вращения шпинделя) зависят не только от типа подшипников и схемы комплектования опоры (в случае применения радиально-упорных подшипников), но и от условий смазывания подшипников. Сказанное иллюстрируется табл. 15.

Рекомендации по применению подшипников качения в шпиндельных узлах различных станков указаны в табл. 16.

2.2. Компонировки шпиндельных узлов

В станкостроении найдены компоновочные решения шпиндельных узлов, удовлетворяющие требованиям к уровню их быстроходности. В токарных станках наиболее распространены шпиндельные узлы (табл. 17), выполненные по схемам 7 и 10, с передней опорой, скомпонованной по схеме "триплекс" из радиально-упорных подшипников [29]. На втором месте по применяемости опор находятся схемы 4, 5 и 6 с двухрядным роликовым подшипником в передней опоре, благодаря которому повышается жесткость шпиндельного узла, но снижается быстроходность.

В многоцелевых станках наиболее часто применяются шпиндельные узлы, выполненные согласно схеме 12 (табл. 18), когда в передней и задней опорах радиально-упорные подшипники установлены по схеме "тандем". Достаточно часто в передней опоре шпинделя

многоцелевых станков устанавливается двухрядный роликовый подшипник.

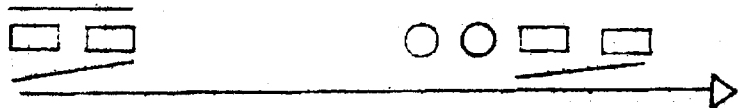
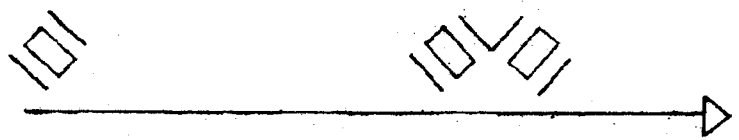

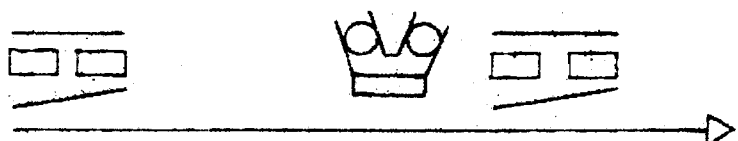
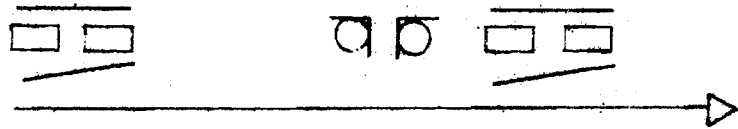
2.3. Конструктивные элементы шпиндельных узлов


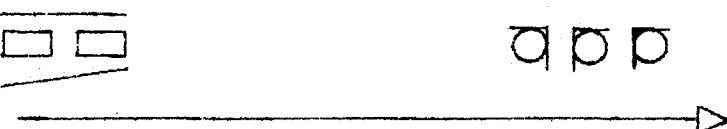




Устройства для регулирования подшипников. В этих устройствах регулировочные гайки должны надежно фиксироваться после достижения требуемого натяга в подшипниках, т.е. в любом угловом положении или через каждые 20-30°. Устройство, изображенное на рис. 19, а, позволяет тонкое регулирование натяга в подшипниках, находящихся на шпинделе 8 слева. Движение им передается через точно изготовленную втулку 1 при вращении гайки 7. После достижения требуемого натяга гайку стопорят с помощью винта 4, который через упругую пластину 3 прижимает к шпинделю шпонку 2, помещенную в паз регулировочной гайки. Для предотвращения отвинчивания винта 4 установлены шайбы 5, закрепленные винтами 6.

В регулировочной гайке 3 устройства, изображенного на рис. 19, б, имеется 18 радиальных пазов, а в шпинделе 4 — два радиальных отверстия, в которые вставлены стопоры 2 и пружины 1. В начале регулировки стопор, входящий в один из пазов гайки с помощью отвертки поворачивают на 90°, чтобы он при наличии скоса не препятствовал ее вращению. По окончании процесса регулирования натяга один из пазов в гайке совмещают с ближайшим стопором. Затем его поворачивают на 90°, и он под действием пружины входит в этот паз. Благодаря тому, что один стопор смещен относительно диаметральной плоскости, в которой расположен другой, угол поворота регулировочной гайки кратен половине шага пазов в ней, и достигаемый натяг более точно приближается к расчетному.

Таблица 17

Схемы шпиндельных узлов токарных станков

Номер схемы	Схема шпинделя	$dn_{\max} \cdot 10^{-5}$, мм·об/мин
1		
2		
3		3,6
4		3,2-6,2
5		3,6; 4

6		3,6
7		4-5
8		7
9		5,5
10		3,5-7,2
11		3,5

Продолжение табл. 17




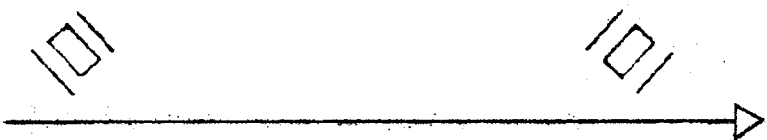
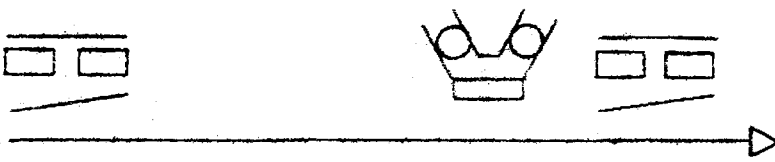
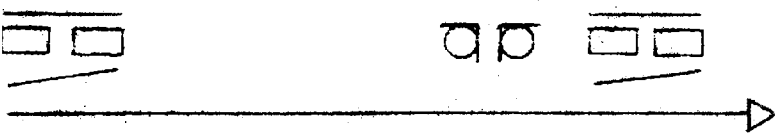
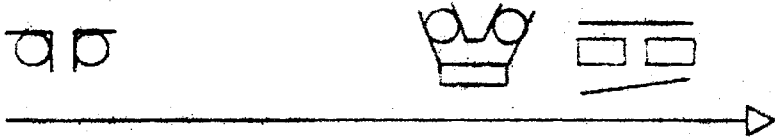
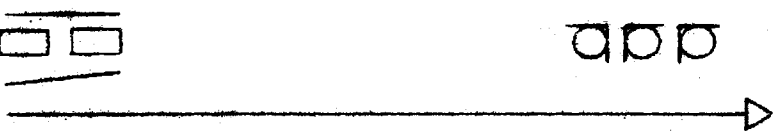
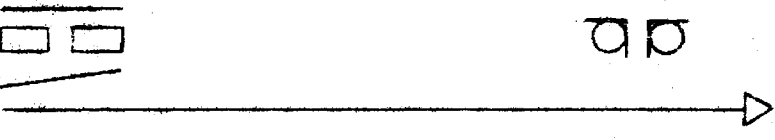
12		3,6; 4,2
13		4,8-5,6


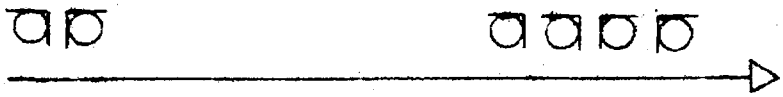
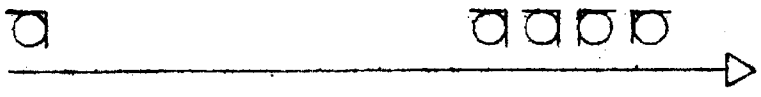



Таблица 18

Схемы шпиндельных узлов сверлильно-фрезерно-расточных станков

Номер схемы	Схема шпинделя	$dn_{\max} \cdot 10^{-5}$, мм·об/мин
1		3
2		3,4

Номер схемы	Схема шпинделя	$dn_{\text{max}} \cdot 10^{-6}$, мм·об/мин
3		3,3; 3,6; 3,9
4		3,5+3,7
5		3,2; 3,6; 4
6		5,5
7		4,8

Продолжение табл. 18

Номер схемы	Схема шпинделя	$dn_{\max} \cdot 10^{-5}$, мм·об/мин
8		—
9		4
10		4,5
11		2,8; 4; 4,2
12		3,8-6
13		3; 4,5

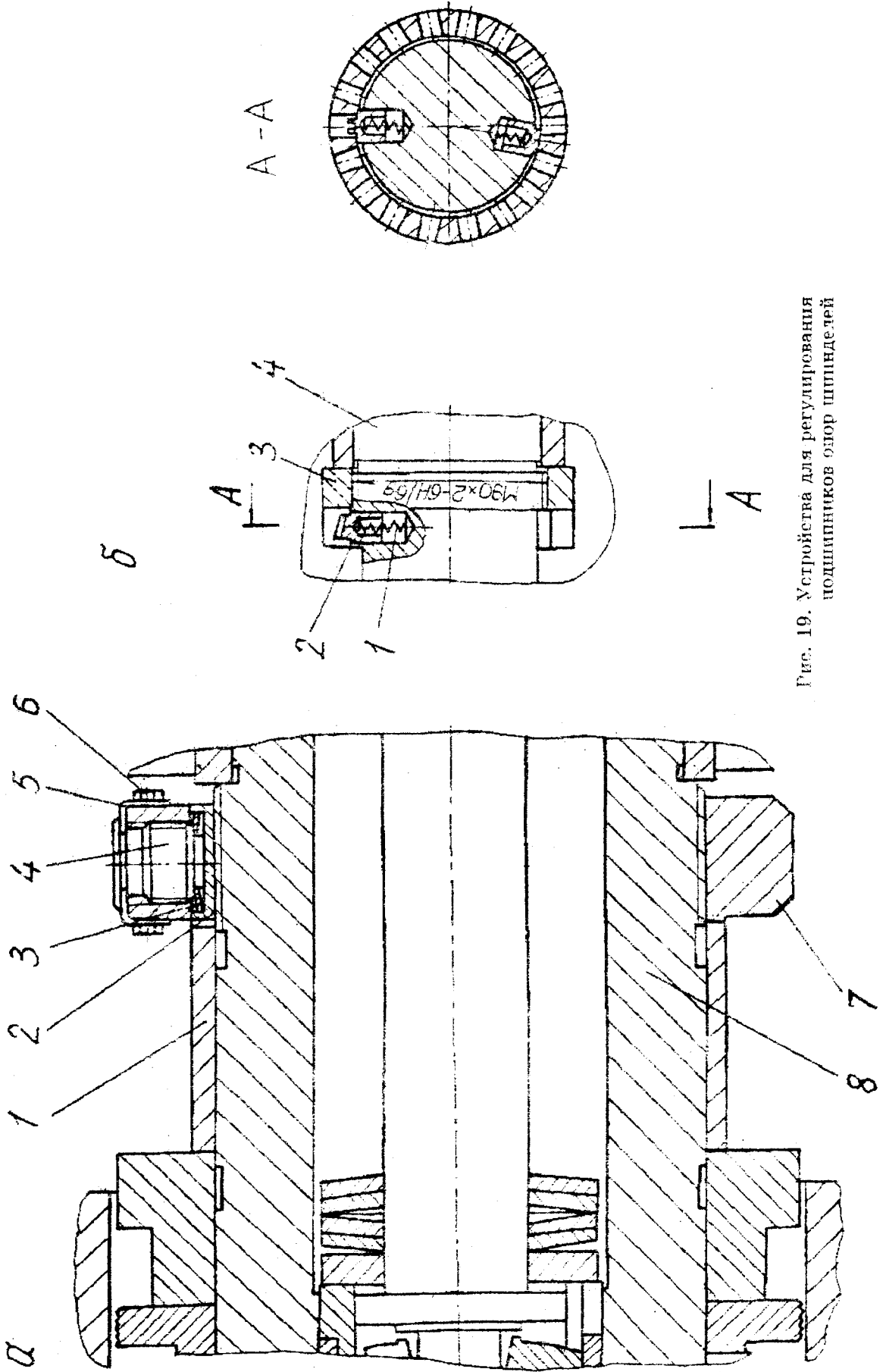


Рис. 19. Устройство для регулирования подшипников опор шпинделей

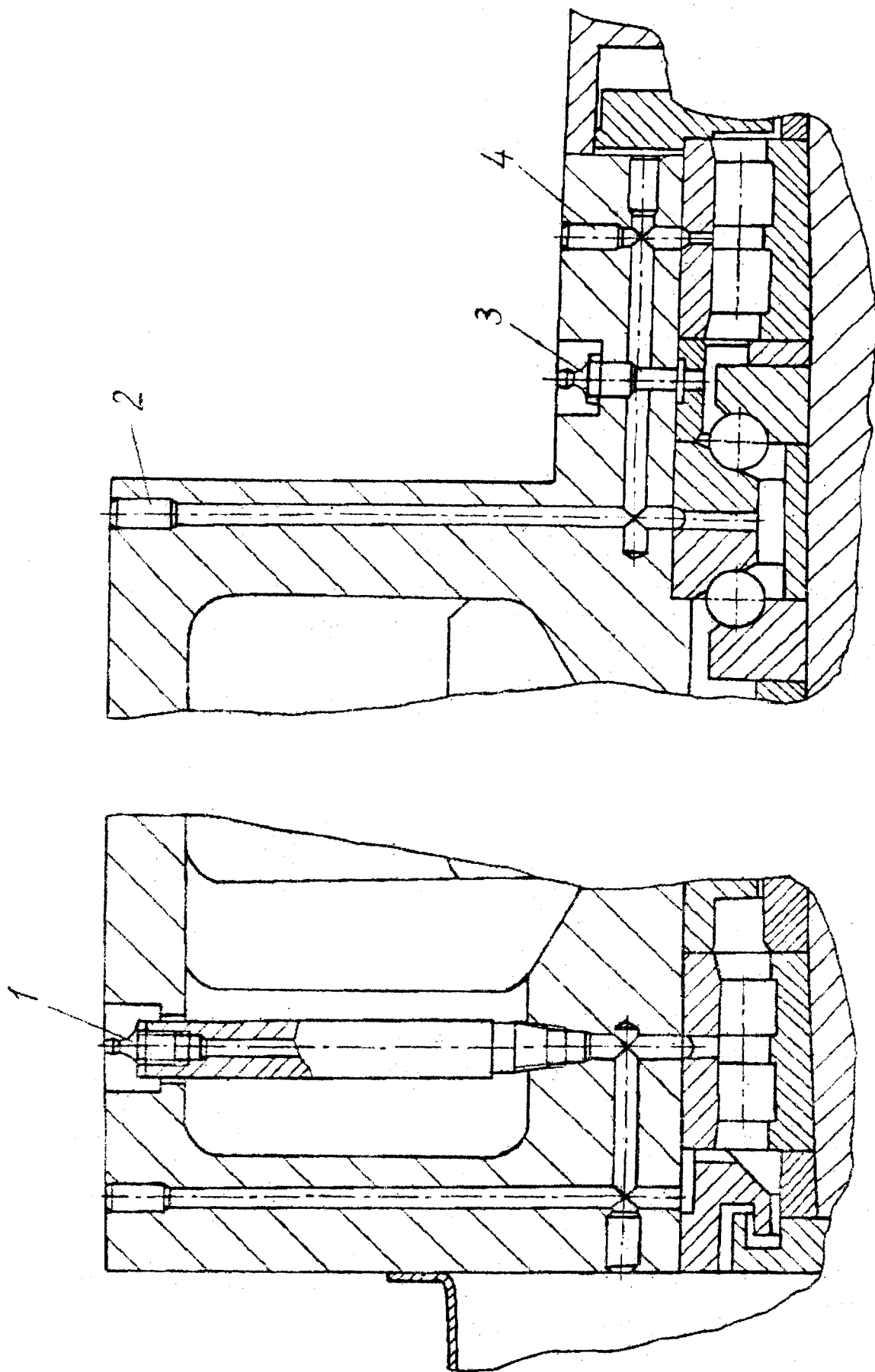
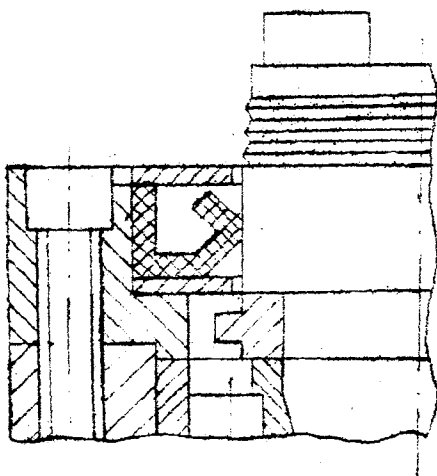
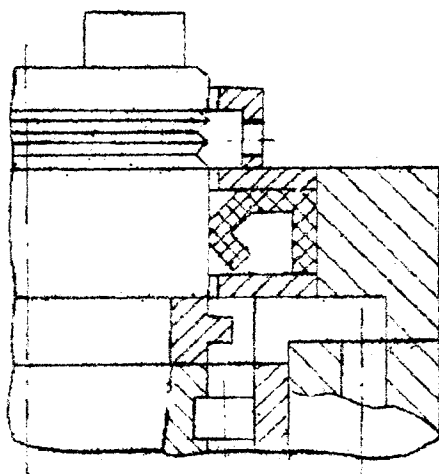


Рис. 20. Устройства для подвода смазочного материала

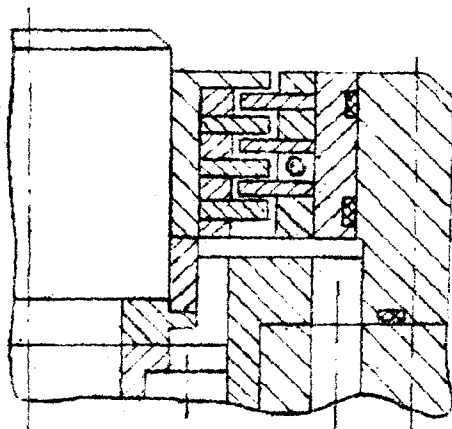
01 а



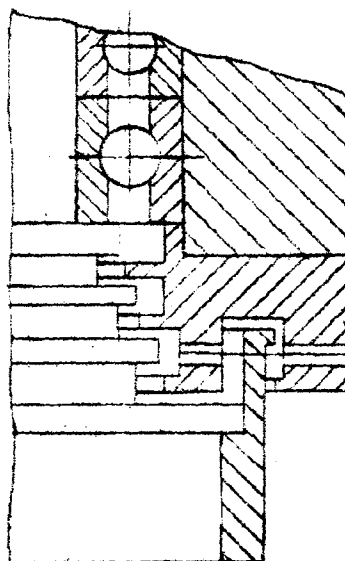
01 б



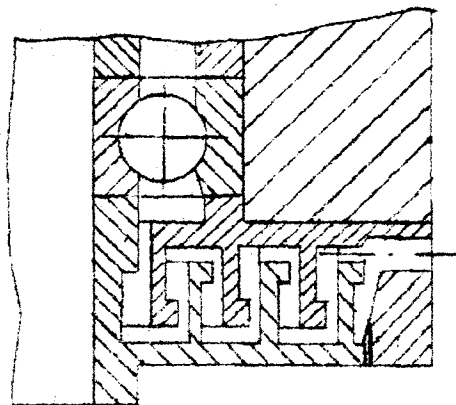
02



03



04



05

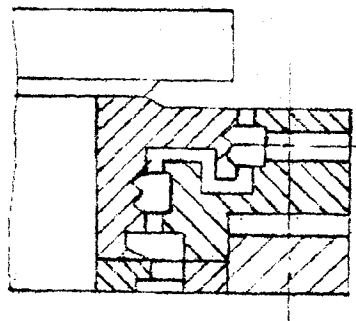


Рис. 21. Схемы уплотнений опор качения игольчатых валов

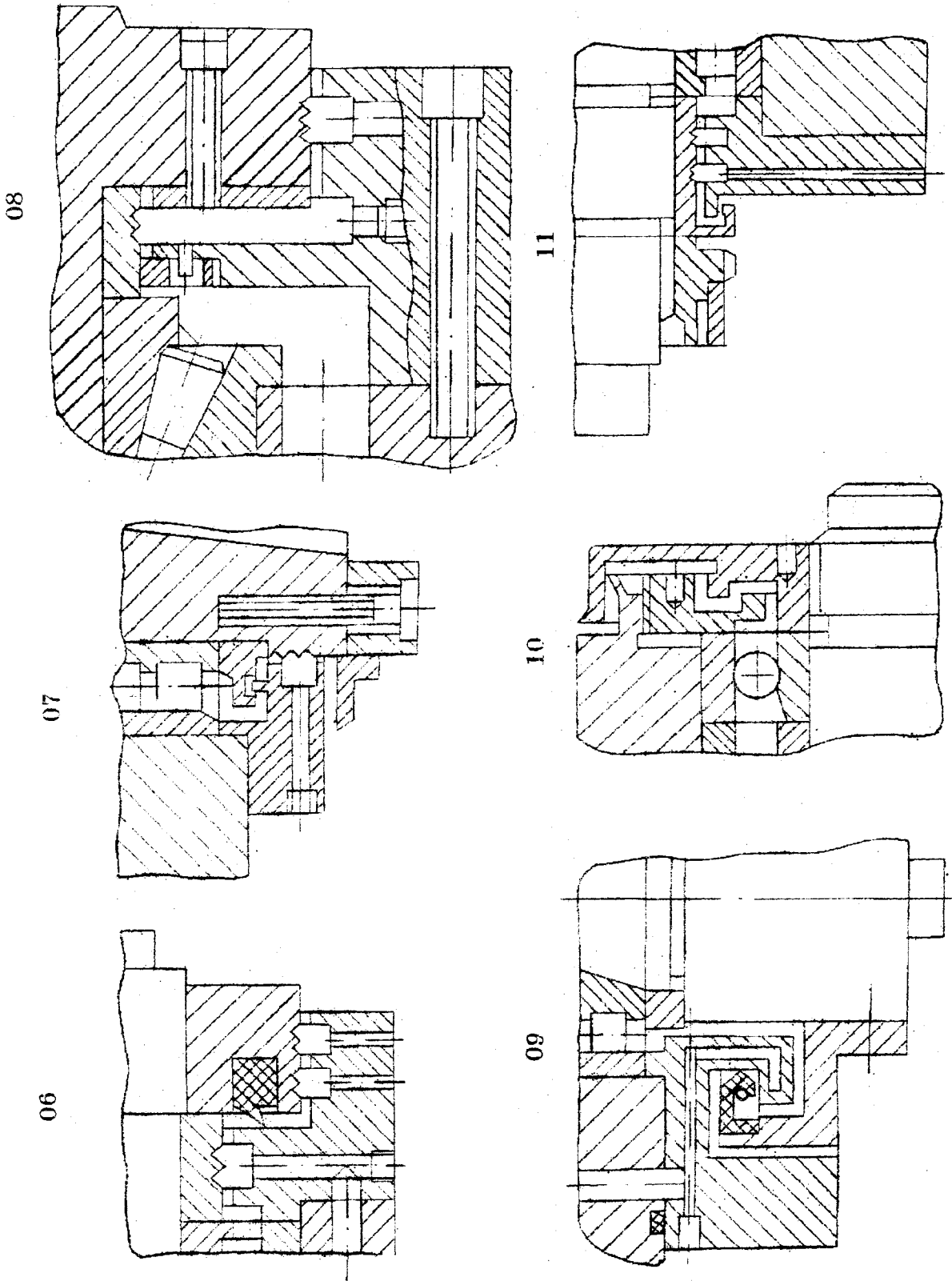


Рис. 21. Пролужение

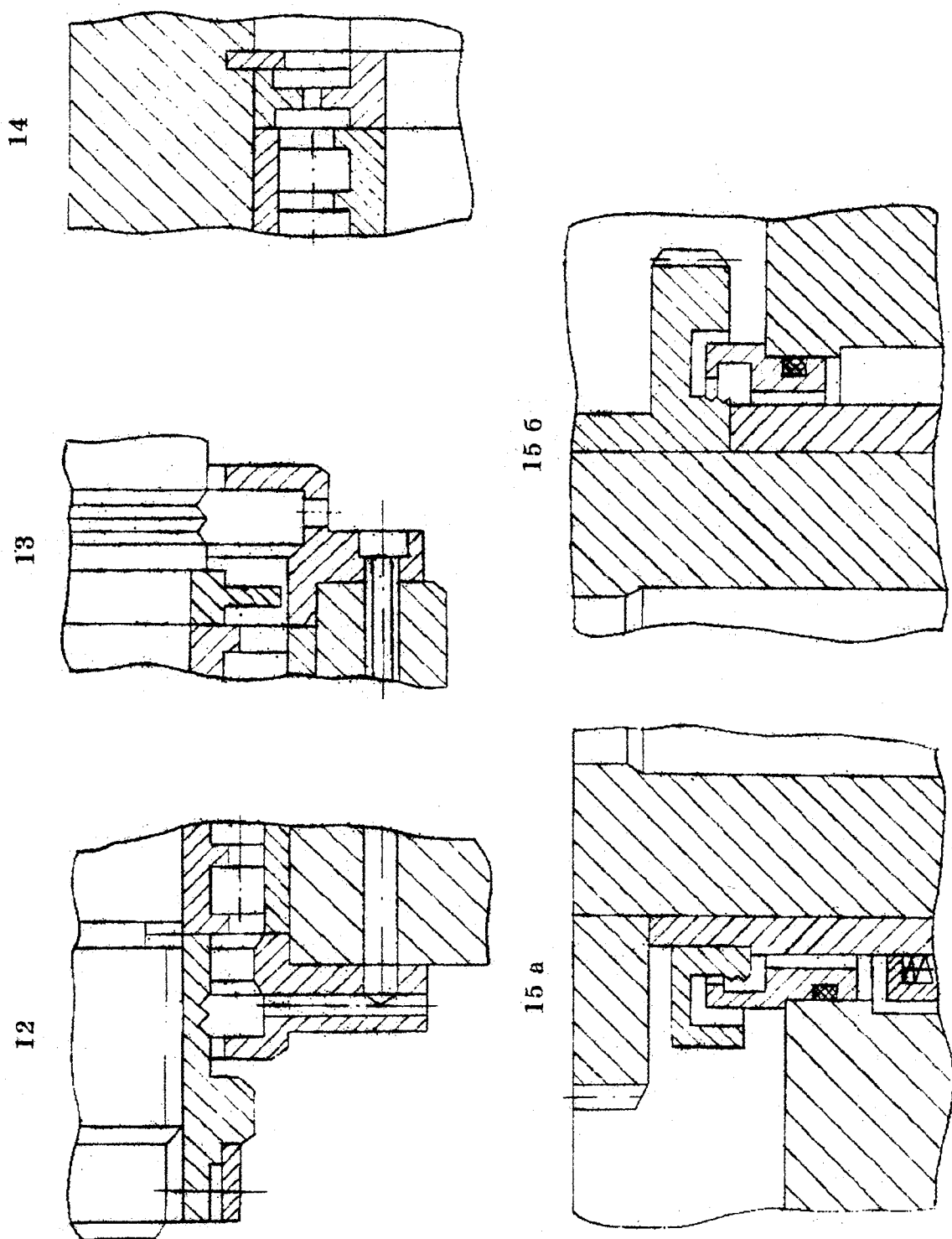


Рис. 21. Продолжение

Рекомендации по выбору уплотнений в зависимости
от условий их эксплуатации

Варианты уплотнений	Опора		Расположение уплотнения		Метод смазывания опоры						dn_{max} , мм·об/мин			Расположение оси вращения опоры			Внешняя среда			Место расположения привода		
	передняя	задняя	наруж- ное	внутрен- нее	пластич- ным ма- териалом	капельное	циркуля- ционное	масляным	выпрыски- ванием	менее 1,5·10 ⁵	от 1,5·10 ⁵ до 5·10 ⁵	более 5·10 ⁵	горизон- тальное	верти- кальное	верти- кальное	В	I	II	III	между опорами	шквиф, муфта на заднем конце	зубчатое колесо на заднем конце
01а	+		+			+	+			+			+		+	+		+	+	+	+	+
01б		+	+			+	+			+			+	+				+	+	+	+	+
02	+	+	+		+	+				+	+	+	+					+	+	+	+	+
03	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+
04	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+
04		+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
05	+		+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
05		+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
06	+		+		+	+	+			+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+
06	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
07	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
08	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
09	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
10		+	+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
11			+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
11			+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
12			+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
12			+		+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
13	+			+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
14				+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
14		+		+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
15а	+			+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
15б		+		+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+

Устройства для подвода смазочного материала. Отверстия для подвода смазочного материала к подшипникам качения сверлят в корпусе шпиндельной бабки и в прилегающих к ним деталях.

Технологические отверстия заглушают пробками 2, 4 и другими (рис. 20). Пластичный смазочный материал вводят в опору через пресс-масленки 1 и 3.

Уплотнения шпиндельных узлов. Тип уплотнений опор качения шпиндельного узла (рис. 21) можно выбрать по табл. 19 [28] в зависимости от его расположения, метода смазывания подшипников, параметра быстроходности шпинделя dn_{\max} (здесь d — диаметр передней шейки шпинделя, мм; n_{\max} — максимальная частота его вращения, об/мин); места расположения привода и других параметров. В табл. 19 использованы обозначения: А — передний конец шпинделя обращен вверх, Б — передний конец шпинделя обращен вниз; I — внешняя среда загрязнена мало (стружка сливная, СОЖ отсутствует); II — внешняя среда загрязнена средне (наличие любой стружки и капель СОЖ); III — внешняя среда загрязнена сильно (наличие любой стружки, абразива и большого количества СОЖ).

Радиальный h_r и аксиальный зазоры (в мкм) в бесконтактных (лабиринтных) уплотнениях рекомендуется [28] определять в зависимости от диаметра d_d лабиринтной щели: $h_r = (1,5 \pm 0,5)d_d$ для станков классов точности Н и П; $h_r = (1 \pm 0,5)d_d$ для станков классов точности В, А и С; $h_a \approx (10 \pm 5)d_d$. Для лабиринтно-дискового уплотнения 02 (см. рис. 21) $h_r = (5 \pm 1,5)d_d$, $h_a = d_d \dots 1,5d_d$.

2.4. Примеры шпиндельных узлов

Передняя опора и конец шпинделя многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка (рис. 22). Радиальная нагрузка воспринимается двухрядным роликовым подшипником 6 с короткими цилиндрическими роликами, а осевая — упорно-радиальным сдвоенным шариковым подшипником 5 с углом контакта 60° . Натяг в роликовом подшипнике 6 регулируется гайкой 3 после снятия небольшого слоя металла (шлифованием) с торца кольца 7, состоящего из двух полуколец, стянутых пружинным кольцом 8. Для стопорения гайки 3 служат гайка 1 и винты 2. Гайка 3 действует на комплект подшипников через достаточно длинную втулку 4, торцы которой изготовлены с малым отклонением от перпендикулярности к ее оси. Втулка насажена на цилиндрическую шейку шпинделя с малым зазором. При завинчивании гайки 3 точная втулка 4 оказывает на подшипник 5 приблизительно одинаковое давление во всех точках контакта. Благодаря этому шпиндель предохраняется от изгиба, который мог

бы появиться в процессе регулирования натяга подшипника при отсутствии втулки 4.

Использована система обильного смазывания жидким материалом. Из ванны А через отверстия Б масло попадает в подшипники. По каналу Ж нагретое масло сливается из опоры, благодаря чему она предохраняется от перегрева.

Щелевое уплотнение Е обеспечивает герметичность опоры. Масляная пленка, перемещающаяся вдоль шпинделя, сбрасывается кромками канавок В, находящихся в кольцевой камере Д. От проникновения смазочно-охлаждающей жидкости опора защищена щелевым уплотнением Г. Попавшая в уплотнение жидкость сливается через два соединенные с ним отверстия.

Шпиндельный узел многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка (рис. 23). Передняя опора шпинделя состоит из трех радиально-упорных подшипников, установленных по схеме тандем — 0. Крутящий момент инструментальной оправке передается торцевой шпонкой 3. Применены минимальное смазывание подшипников жидким материалом и защита их с помощью контактных торцевых уплотнений 1 и 2.

Для автоматизированного зажима в инструментальную оправку с коническим хвостовиком ввинчена деталь 5 с грибообразным элементом. Зажим оправки производится пакетом тарельчатых пружин 6, под действием которых перемещается вправо шток 7. При этом сухари 4 захватывают грибообразный элемент и затягивают конический хвостовик оправки в конусное гнездо, создавая необходимое усилие его зажима.

Для освобождения оправки служит гидроцилиндр (на рисунке не показан), при движении штока 7 влево сжимающий пакет тарельчатых пружин 6. При этом захватные элементы сухарей 4, смещаясь влево, попадают в полость А, их выступы вступают в контакт с кольцевым элементом Б втулки. Благодаря этому сухари поворачиваются и освобождают инструментальную оправку.

Шпиндельный узел многоцелевого сверлильно-фрезерно-расточного станка (рис. 24). Передняя опора по компоновке подшипников аналогична изображенной на рис. 22. Подшипники смазываются пластичным материалом, вводимым через масленку 1. Для облегчения съема двухрядного роликового подшипника, имеющего коническое внутреннее отверстие, с помощью приспособления, ввинченного вместо пробки, в канале А создается повышенное давление масла.

Особенность шпиндельного узла состоит в том, что передняя опора охлаждается жидкостью, подводимой через трубку 2, проходящей по винтовой канавке Б и отводимой через трубку 3. Благодаря охлаждению повышается быстроходность опоры и точность станка.

Шпиндельная бабка вертикального токарного полуавтомата с ЧПУ (рис. 25). Привод шпинделя этого станка осуществляется от двигателя постоянного тока. Двухступенчатый редуктор, состоящий из зубчатого блока сборной конструкции, находящегося на шлицевом валу 18, и зубчатых колес 5 и 11, закрепленных на шпинделе 13, обеспечивает два диапазона регулирования частоты вращения шпинделя.

В нижней опоре шпинделя установлен двухрядный роликовый конический подшипник 1 с короткими цилиндрическими роликами, имеющий достаточные для этого станка быстроходность, нагрузочную способность и жесткость. Радиальный натяг в подшипнике регулируется гайками 21 и 7, для стопорения которых служат соответственно винт 19 и подпружинный фиксатор Б. Для предотвращения вытекания жидкого масла через нижнюю опору шпинделя применены стакан 2 и щелевое уплотнение Е.

Верхняя опора шпинделя состоит из двухрядного роликового подшипника 16 с короткими цилиндрическими роликами, воспринимающего радиальную нагрузку, и упорно-радиального шарикового подшипника 17, воспринимающего осевую нагрузку. Радиальный натяг в подшипнике регулируется гайкой 8, для стопорения которой служит подпружинный фиксатор 9. Смазывание опоры осуществляется жидким маслом с помощью циркуляционной системы. Через трубку 10 и канал А масло подводится к верхнему торцу роликового подшипника 16, самотеком проходит через оба подшипника опоры и сливается в корпус шпиндельной бабки. Опора защищена от загрязнений зигзагообразным лабиринтным уплотнением Г, а от проникновения смазочно-охлаждающей жидкости — резиновым кольцом 15. Масло, попавшее в лабиринтное уплотнение, по каналу Д сливается в корпус шпиндельной бабки.

Обрабатываемая на станке заготовка зажимается в патроне, который базируется по конической поверхности В и торцу шпинделя, закрепляется винтами, входящими в резьбовые отверстия Б. Момент на патрон передается цилиндрической шпонкой 14. Патрон приводится в действие гидравлическим цилиндром (на рисунке не показан) через шток 20. К шпинделю прикреплены пластины 12, предназначенные для сброса стружки. С помощью зубчатого колеса 3 шпиндель связан с измерительным преобразователем резбонарезания 4.

Шпиндельный узел фрезерной бабки агрегатного станка (рис. 26). Хвостовик торцевой фрезы базируется в коническом отверстии шпинделя. Фреза крепится винтом, входящим в отверстие В. Момент на фрезу передается двумя торцевыми шпонками 1, привинченными к шпинделю.

Передняя опора шпинделя состоит из двухрядного роликоподшипника 4 с корот-

кими цилиндрическими роликами, воспринимающего радиальную нагрузку, и двух упорных шарикоподшипников 5, воспринимающих осевую нагрузку. Радиальный зазор в двухрядном роликоподшипнике регулируют с помощью гайки 8 после подшлифовки компенсаторного кольца 2, состоящего из двух полуколец (для удобства съема его), стянутых пружинным кольцом. Предварительный натяг в упорных шариковых подшипниках обеспечивается благодаря компенсаторному кольцу 3. Для повышения стабильности натяга, сохранения его у обоих подшипников при больших нагрузках, уменьшения вероятности повреждения дорожек качения в результате центробежного и гидроскопического эффектов применены пружины 7. Доступ к регулировочным гайкам обеспечивается отверстием, которое закрывается пробкой 9. Заднюю опору шпинделя образуют два радиально-упорных шариковых подшипника 12. Жесткий натяг в них обеспечивается двумя кольцами, из которых кольцо 10 несколько длиннее по сравнению с кольцом 11.

Опоры смазывают пластичным смазочным материалом. При сборке шпиндельного узла его закладывают в опоры. Периодически смазочный материал вводят через отверстия, закрываемые пробками 6.

Герметичность передней опоры создается лабиринтным уплотнением Б и щелевым уплотнением с противоположной стороны, герметичность задней опоры обеспечивается щелевым уплотнением Г и контактным уплотнением с противоположной стороны (здесь лучше было бы установить резиновую армированную манжету).

От проникновения смазочно-охлаждающей жидкости опору предохраняют щелевое уплотнение А и расположенное правее резиновое кольцо.

Шпиндельный узел с гидродинамическими опорами (рис. 27). Четыре сегмента 3 установлены на сферических опорах, выполненных в виде закаленных винтов 1 с мелкой резьбой. Перемещениями винтов регулируют радиальный зазор в опоре и положение оси шпинделя 4. Для повышения жесткости зазоры в резьбовых соединениях выбирают гайками 2. С целью уменьшения изнашивания в моменты пуска и торможения шпинделя сегменты выполнены биметаллическими: на стальную основу нанесен слой антифрикционного материала. Герметичность узла обеспечивается контактными уплотнениями.

Шпиндельный узел внутришлифовального станка. Шпиндель приводится во вращение плоским ремнем через шкив 5. Передняя и задняя опоры шпинделя (рис. 28 и 29 соответственно) одинаковы. Каждая состоит из четырех радиально-упорных высокоскоростных шарикоподшипников. Такая конструкция опор обеспечивает необходимую жесткость шпиндельного узла. Жесткий предварительный натяг в подшип-

никах создается проставочными кольцами, ширина которых между наружными и внутренними кольцами подшипников различна, и гильзой 3.

Комплект подшипников передней опоры зажат между корпусом шпиндельной бабки и крышкой, при этом осевая сила, действующая на шпиндель, воспринимается корпусом. Благодаря тарельчатым пружинам 6, задняя опора сделана плавающей, что дает возможность шпинделю свободно удлиняться при нагревании в процессе работы станка (в противном случае шпиндель должен был бы изгибаться).

Смазывание опор шпинделя возможно двумя способами. В первом используется жидкий смазочный материал. К рабочим поверхностям подшипников (в зазор между сепаратором и меньшим диаметром внутреннего кольца) он подводится через штуцер, трубку 2, продольное отверстие Б, радиальные отверстия и отверстия малого диаметра В, И и другие в проставочных кольцах 1 и других. При этом масло впрыскивается на рабочие поверхности подшипников. Отработанное масло сливается через радиальные отверстия Е, продольное Г и отверстие Д, соединенное с резервуаром. Подшипники опор можно смазывать и другим способом: пластичный смазочный материал в небольшом объеме помещается на дорожки качения подшипников при сборке станка. При этом вход в канал Б и выход из отверстия Г заглушаются пробками.

Передняя и задняя опоры защищены радиальными зигзагообразными лабиринтными уплотнениями.

3. ПРИВОДЫ ПОДАЧИ

3.1. Конструктивные элементы приводов подачи

Предохранительная муфта. Исполнительные механизмы подачи могут быть повреждены в результате повышения момента сопротивления движению, которое имело бы место при поломке режущего инструмента или столкновении рабочих органов из-за ошибок, допущенных при программировании или обслуживании станка. Для предотвращения опасных последствий таких событий в исполнительный механизм привода подачи встраивают предохранительную муфту. Одна из конструкций муфты изображена на рис. 30. Муфта встроена в шкив ременной передачи, связывающей электродвигатель с ходовым винтом. От ремня 6 движение передается шкиву 5, а от него через шарики 4 – ступице 2. Благодаря беззазорному фрикционному соединению, создаваемому с помощью конической втулки 11 и винтов 10, ступица передает вращение ходовому винту 1. Передаваемый момент регулируют гайкой 12, которая через тарельчатую пружину 9 прижимает диск 7

к комплекту шариков 4, помещенных в конические лунки, изготовленные на стыке шкива и ступицы. Момент, передаваемый муфтой, зависит от силы прижима шариков к лункам.

Когда вследствие аварийной ситуации момент на ходовом винте превышает отрегулированный, шарики 4 выходят из лунок и шкив 5 начинает свободно вращаться на подшипнике 3. При этом диск 7 приближается к бесконтактному переключателю 8, в результате чего последний выдает сигнал на выключение станка.

Эта муфта отличается компактностью, небольшой инерционностью, быстротой переключения, бесступенчатым регулированием передаваемого момента от 1,2 до 250 Н·м.

Компенсирующая муфта. С ходовым винтом или другим валом привода измерительный преобразователь угловых перемещений соединяют компенсирующей муфтой. В муфте, изображенной на рис. 31, упругая часть выполнена в виде цилиндрической пружины. Имея большую крутильную жесткость, муфта (рис. 31) достаточно точно передает угол поворота винта привода валу преобразователя. В то же время, благодаря податливости в диаметральной плоскости, она допускает радиальное биение присоединительной части вала (см. рис. 32) не более 0,05 мм и несоосность ее относительно вала преобразователя на длине посадочной поверхности не более 0,06 мм. Допускаемые нагрузки на вал измерительного преобразователя угловых перемещений: радиальная – не более 10 Н, осевая – не более 5 Н.

Узел соединения измерительного преобразователя угловых перемещений с ходовым винтом. Измерительный преобразователь 4 (рис. 32) соединяют с винтом 1 привода посредством компенсирующей муфты 3. При этом используется промежуточный элемент 2.

Цилиндрической поверхностью диаметром 56 г 6 измерительный преобразователь базируется в расточке неподвижной детали станка. Затем в канавку, предусмотренную в корпусе преобразователя, вставляют полукольца 5. Они крепятся винтами 6.

3.2. Примеры исполнительных механизмов приводов подачи

Исполнительный механизм привода вертикальной подачи вертикального токарного полуавтомата с ЧПУ (рис. 33). Ходовой винт 8 шариковой винтовой передачи соединен с высокомоментным электродвигателем постоянного тока 1 с помощью компенсирующей муфты 2 с гибкими дисками. Такая муфта допускает взаимное радиальное смещение осей двигателя и ходового винта до 0,2 мм, угловое – до 30. Муфта снижает амплитуду изменения вращающего момента при разгоне и торможении привода.

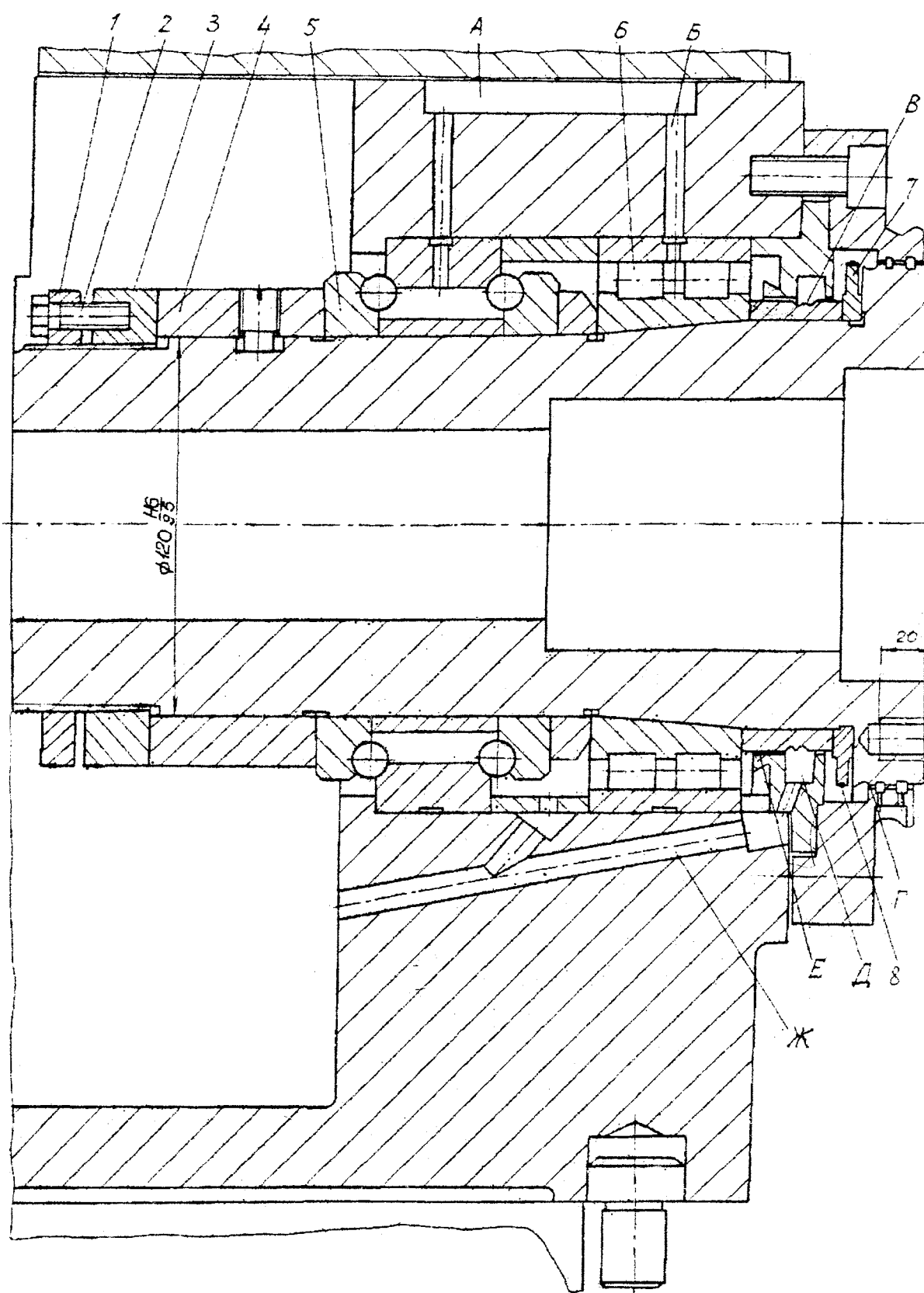


Рис. 22. Передняя опора и конец шпинделя многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка

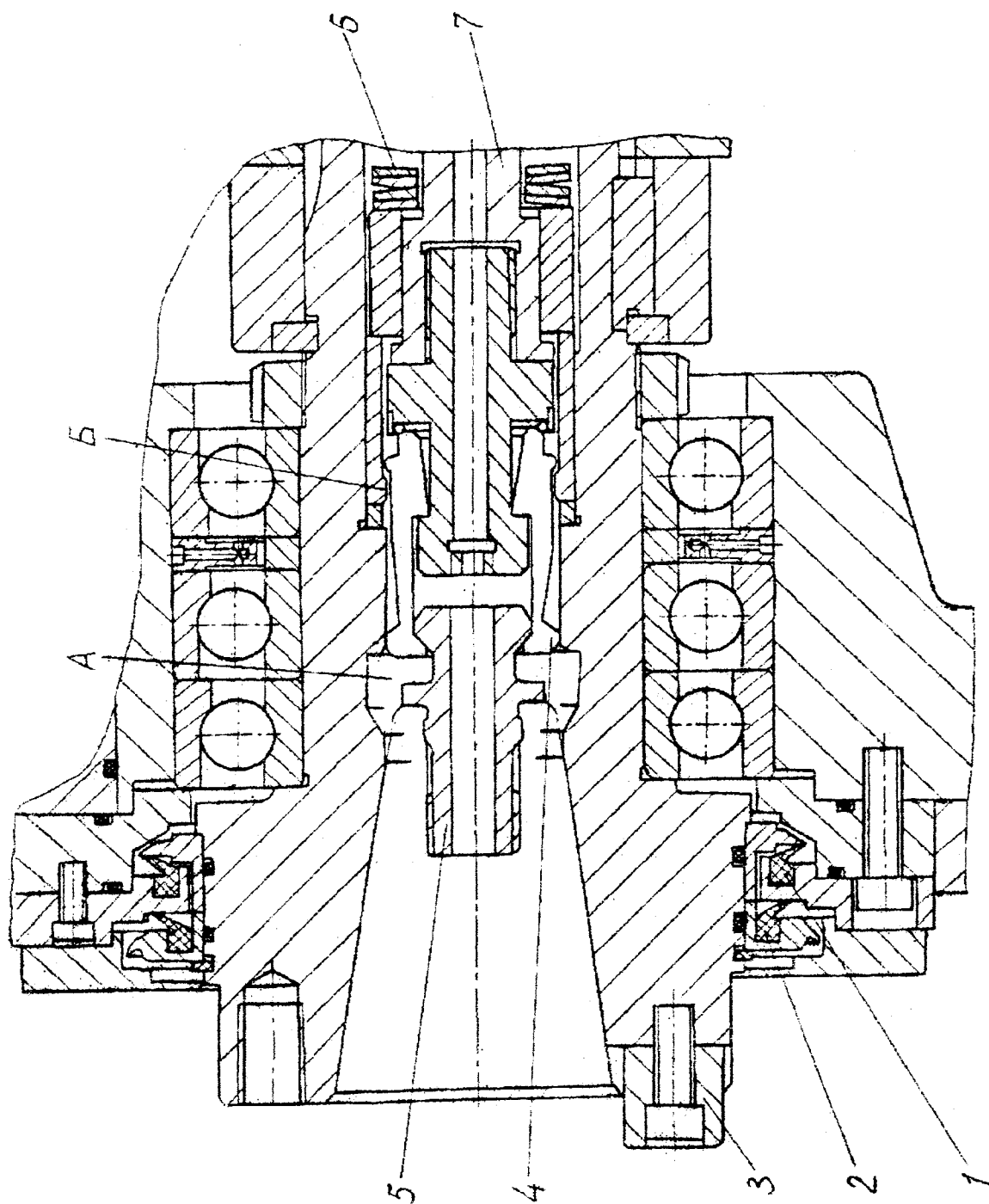


Рис. 23. Шпindelный узел многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка

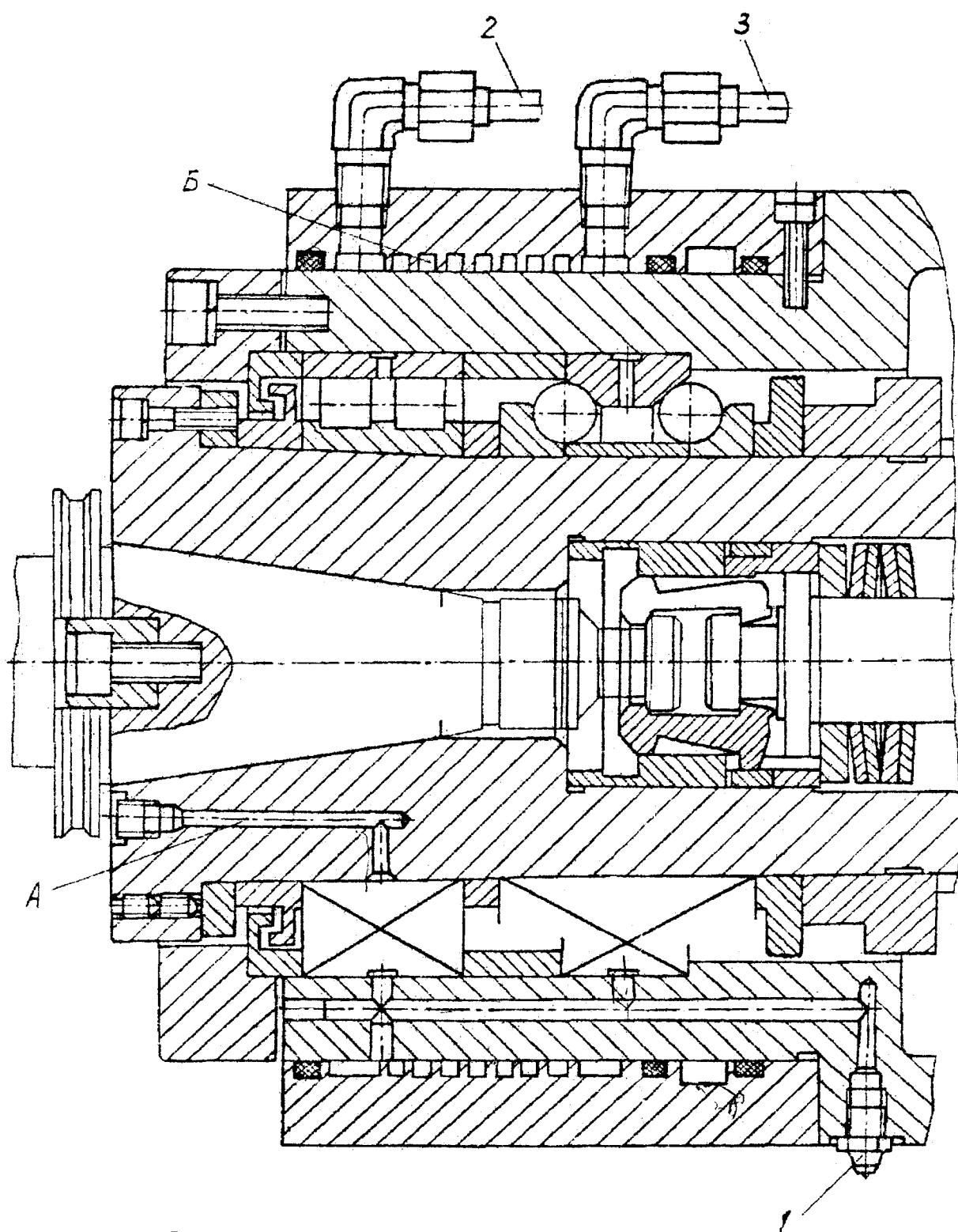
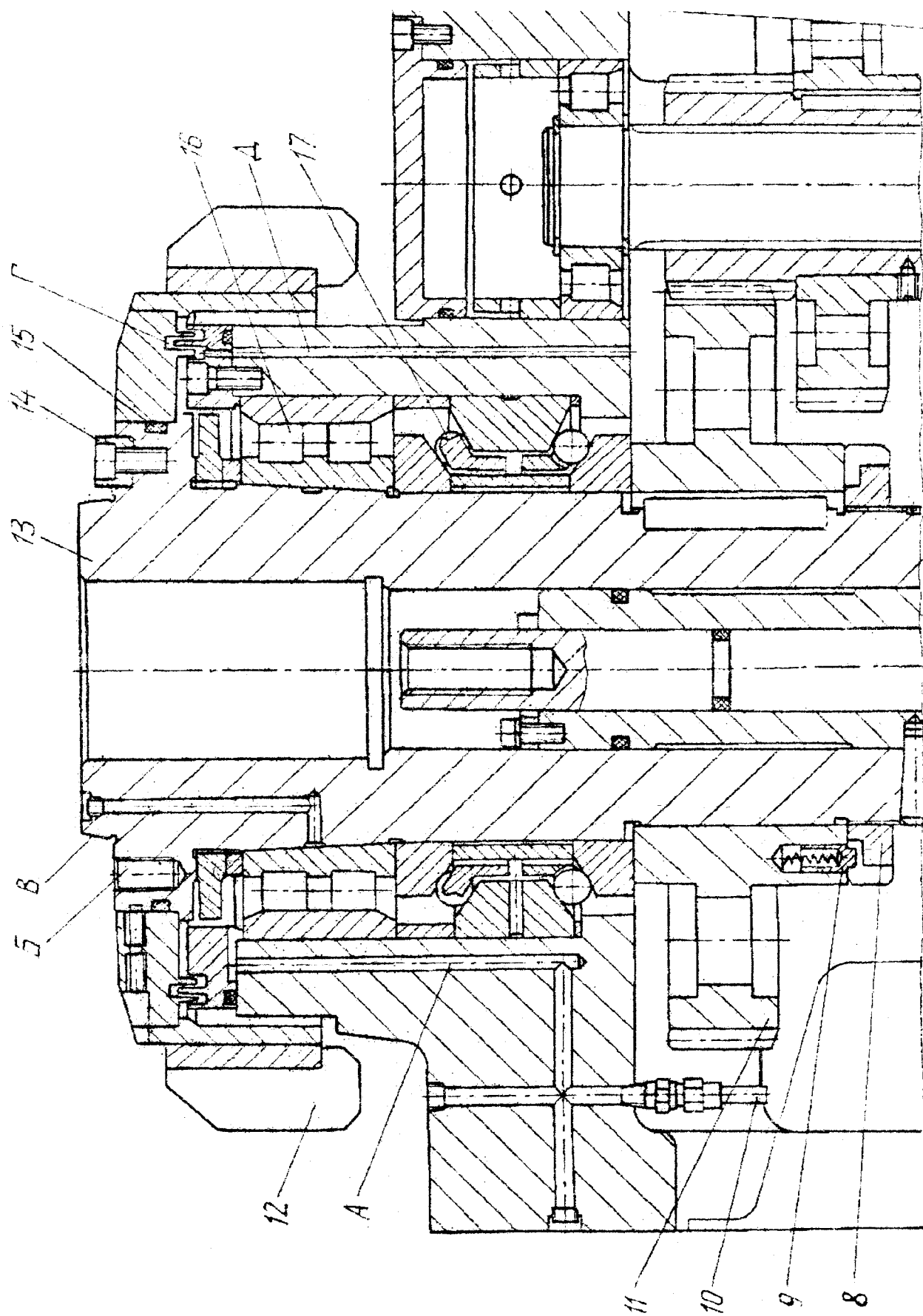


Рис. 24. Шпиндельный узел многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка



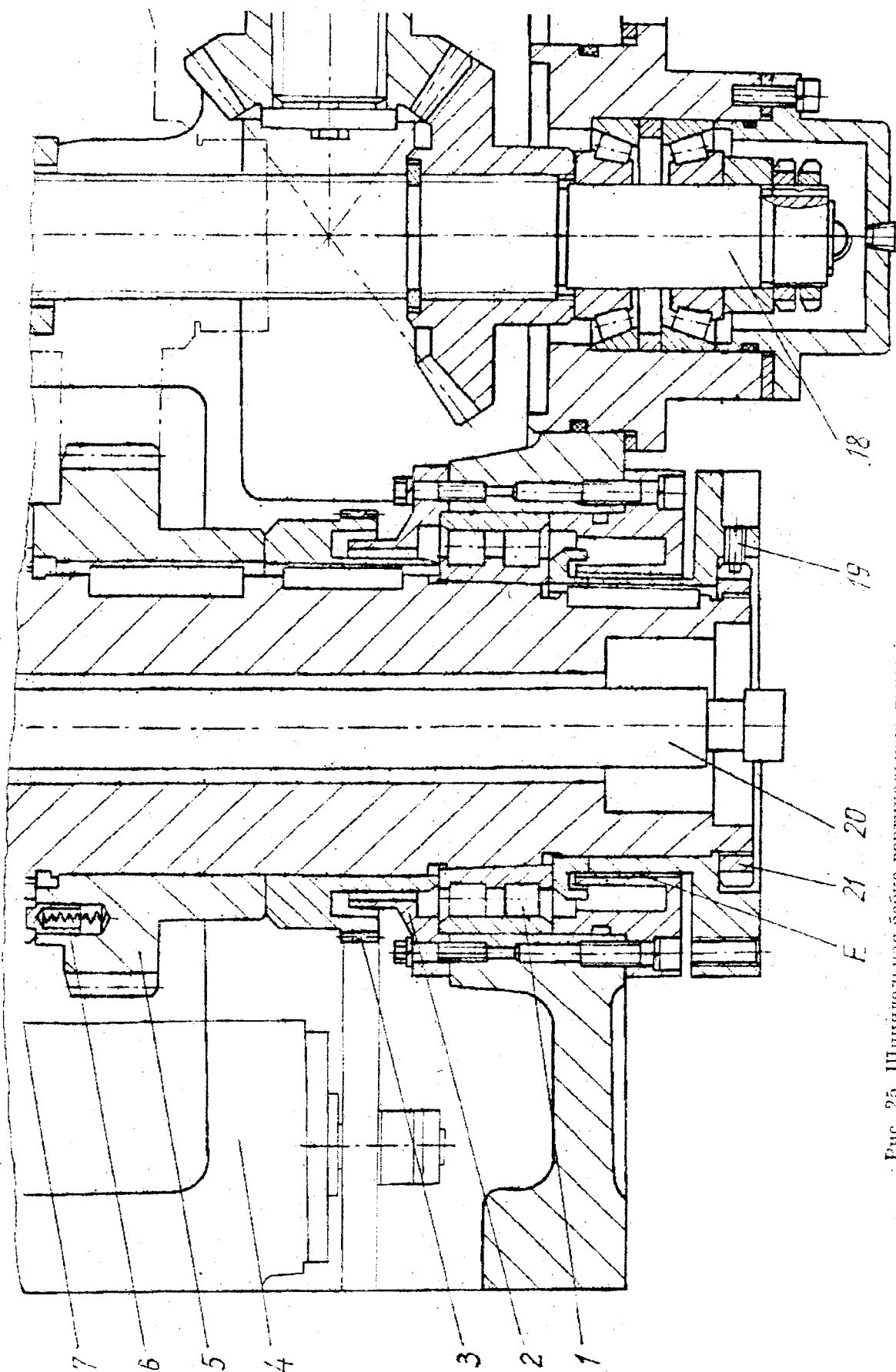


Рис. 25. Шпиндельная бабка вертикального токарного станка с ЧПУ.

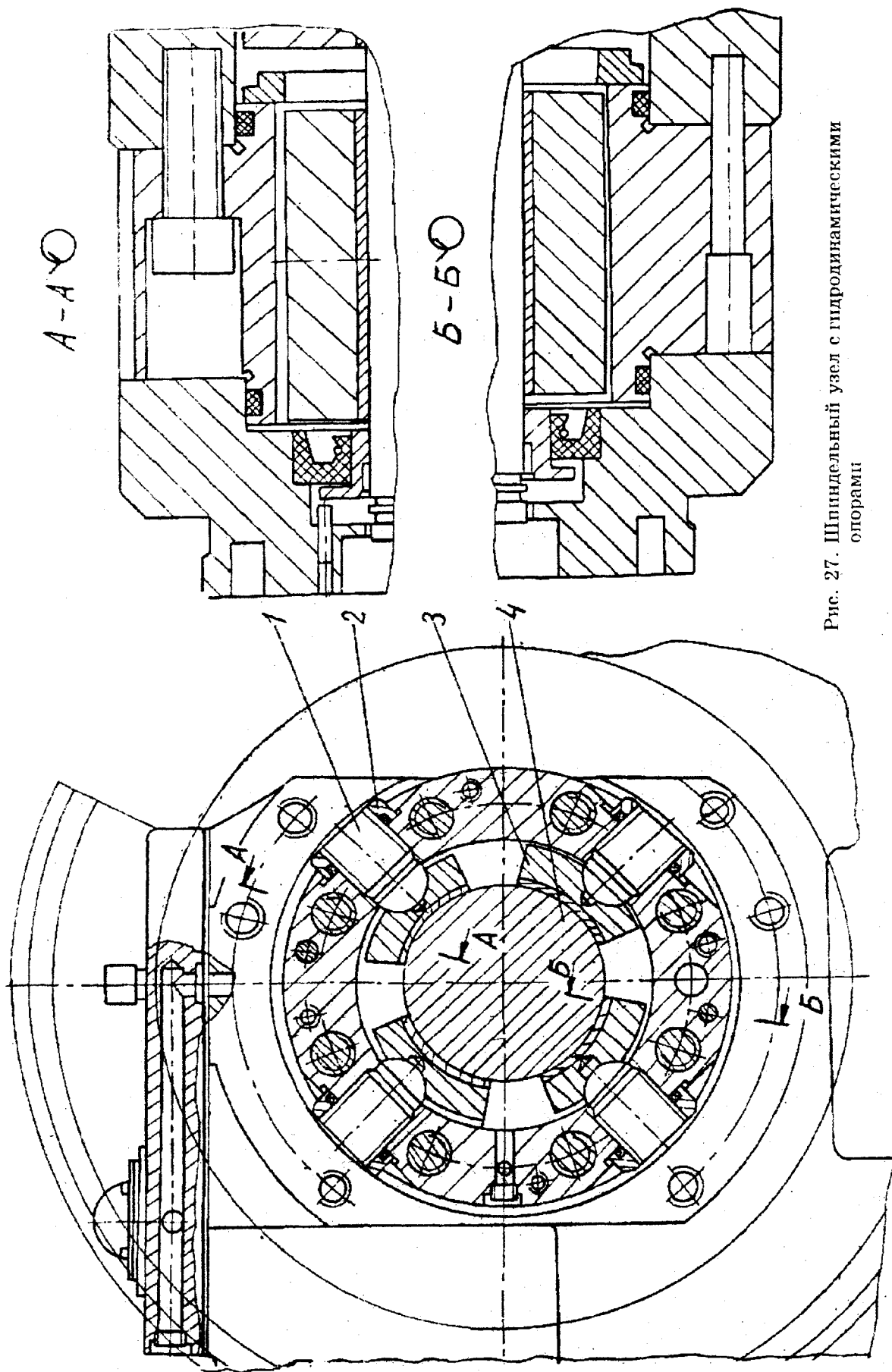


Рис. 27. Шпиндельный узел с гидродинамическими опорами

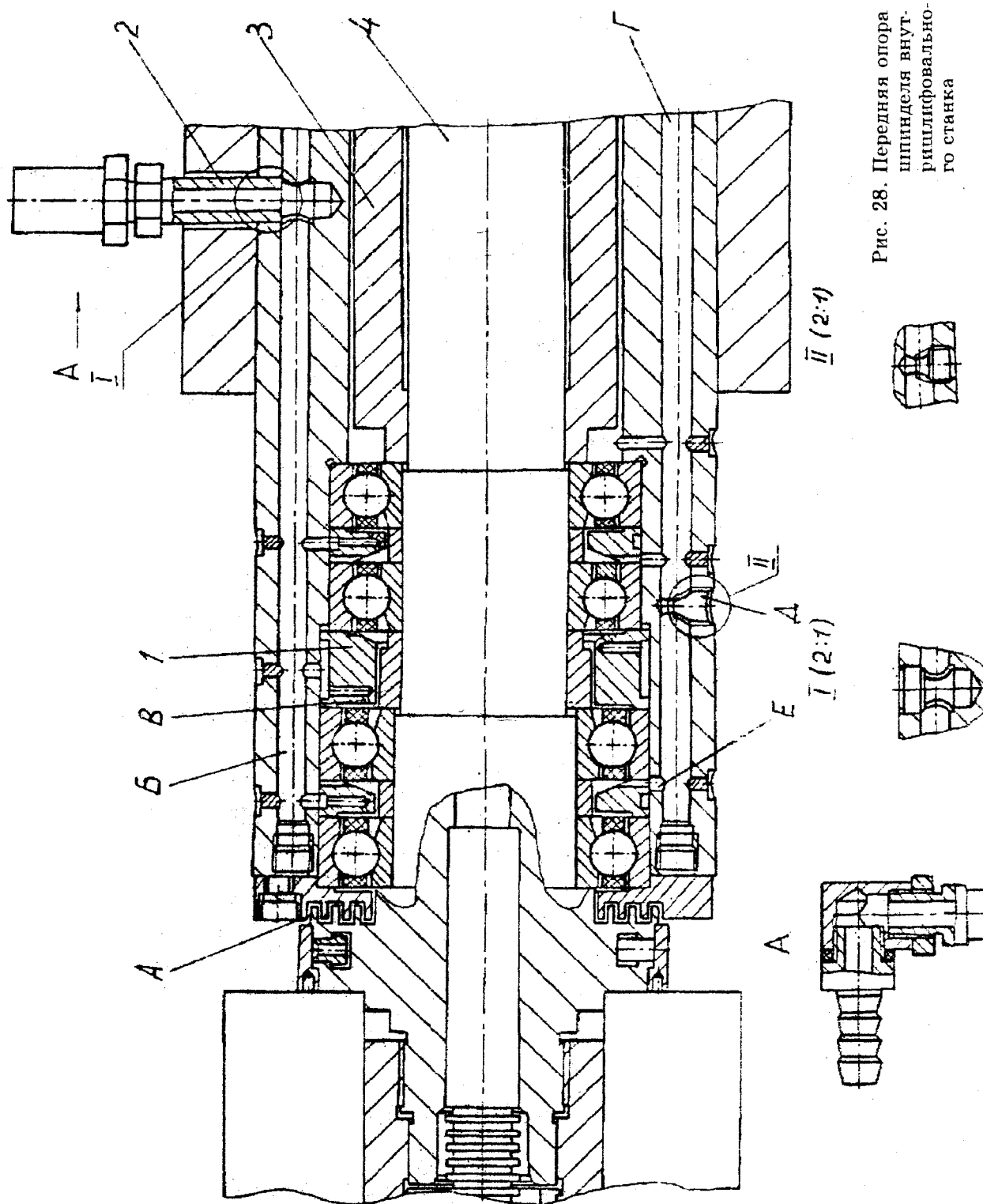


Рис. 28. Передняя опора
шпинделя внут-
рицифроваль-
ного станка

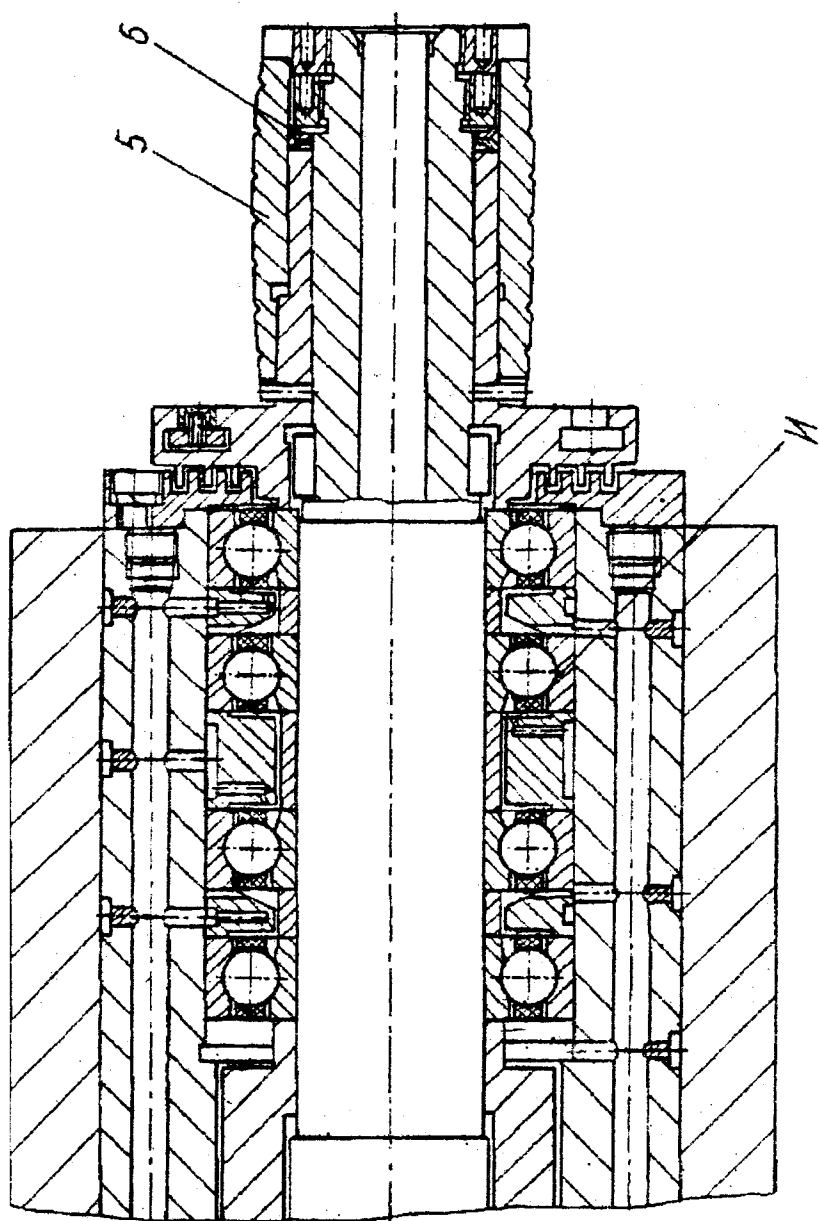


Рис. 29. Задняя опора шпинделя внутришлифовального станка

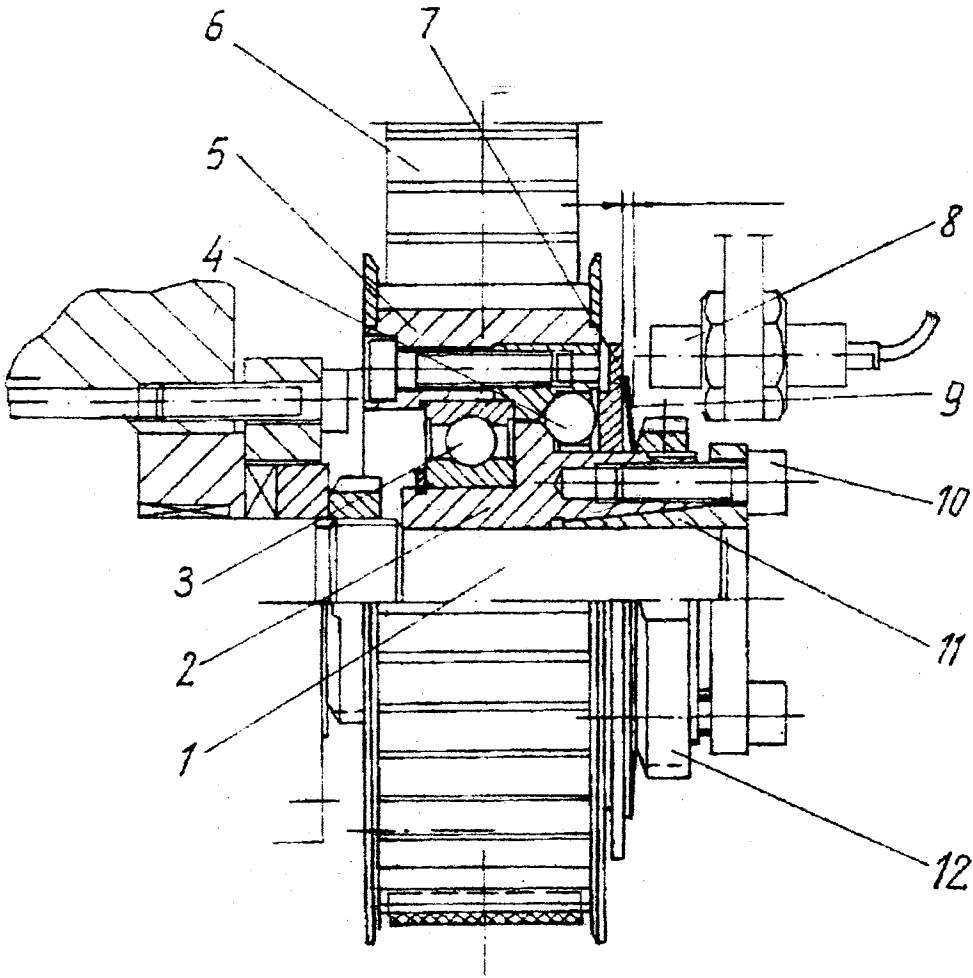


Рис. 30. Предохранительная муфта

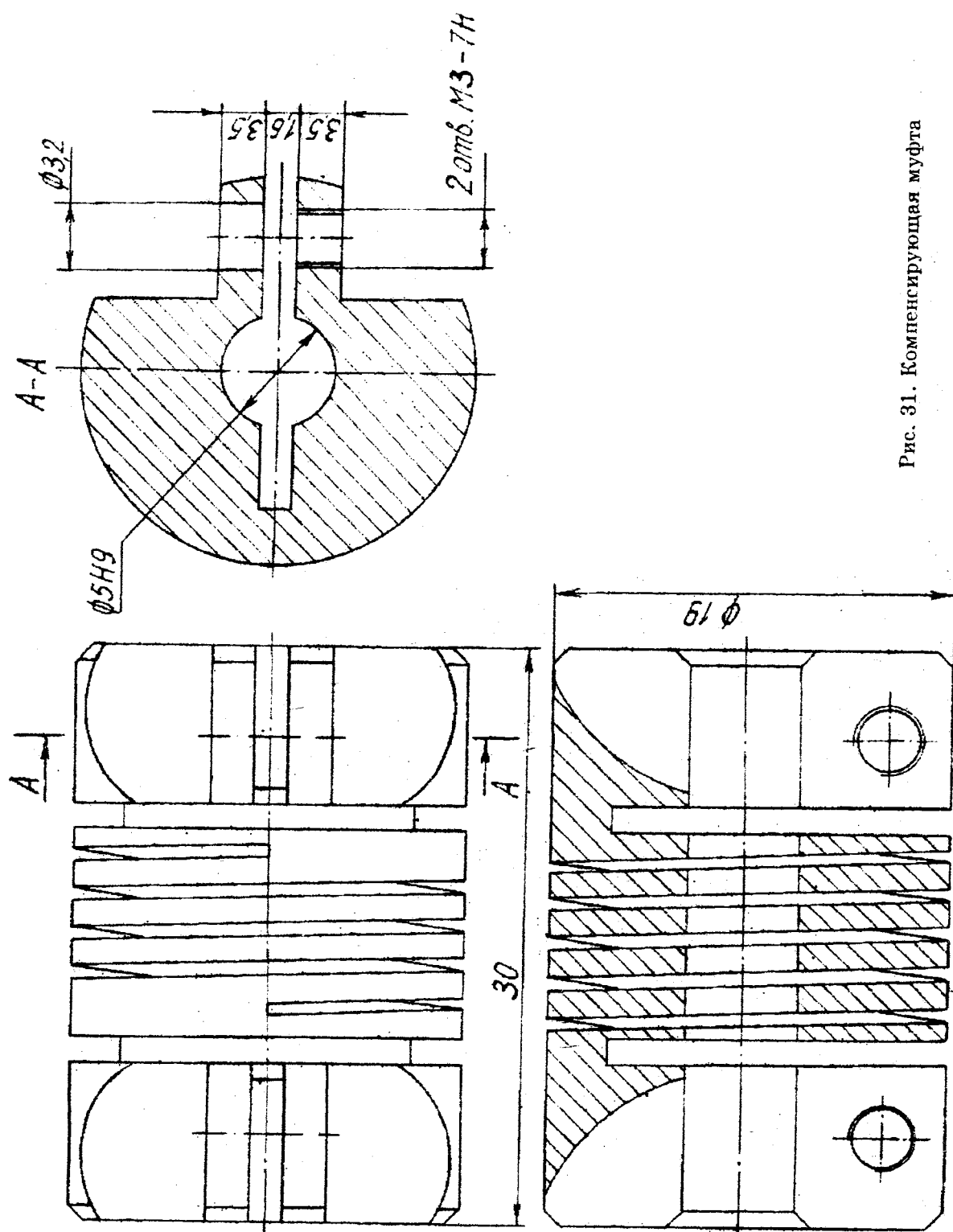


Рис. 31. Компенсирующая муфта

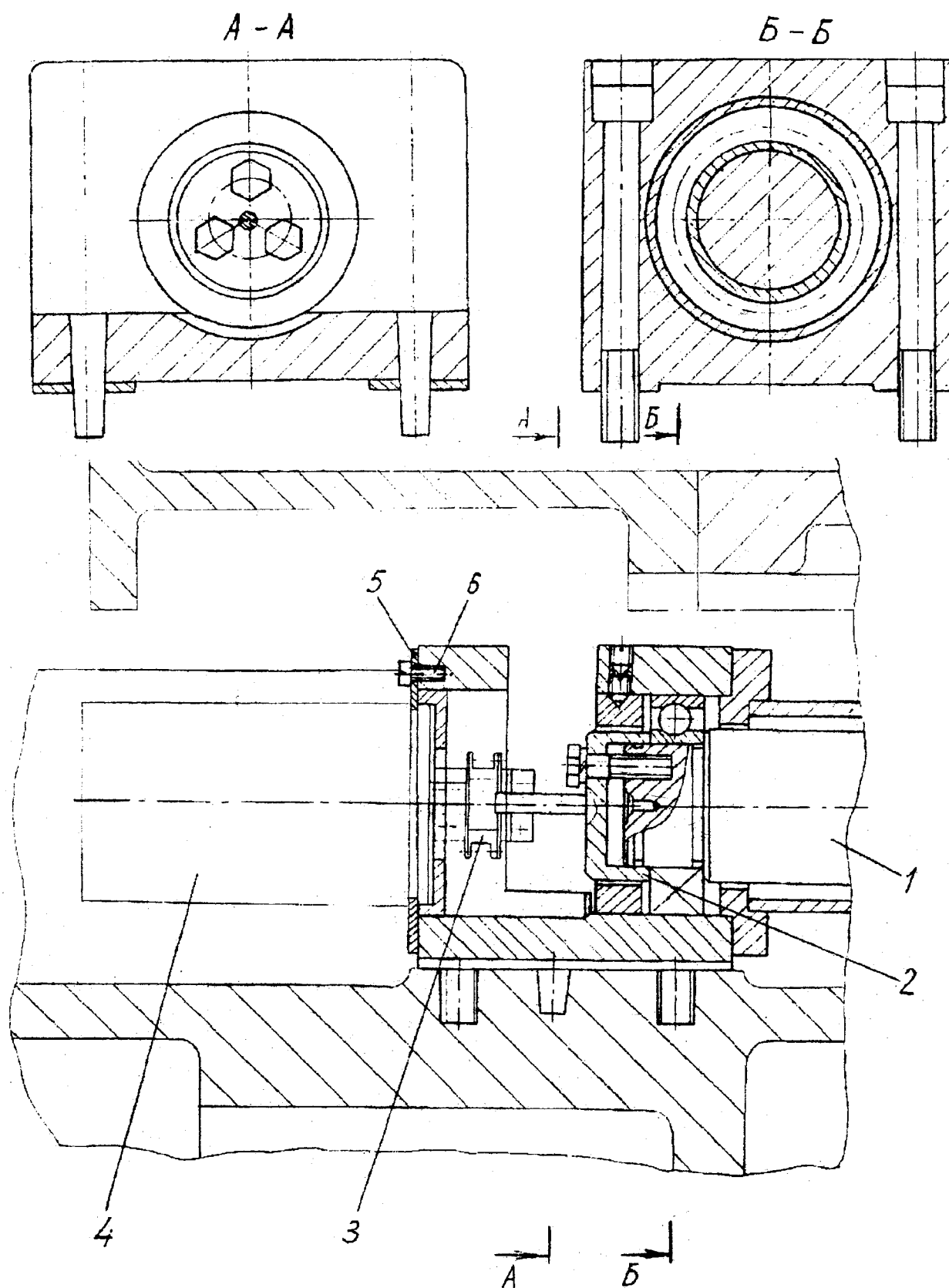


Рис. 32. Узел соединения измерительного преобразователя перемещений с ходовым винтом

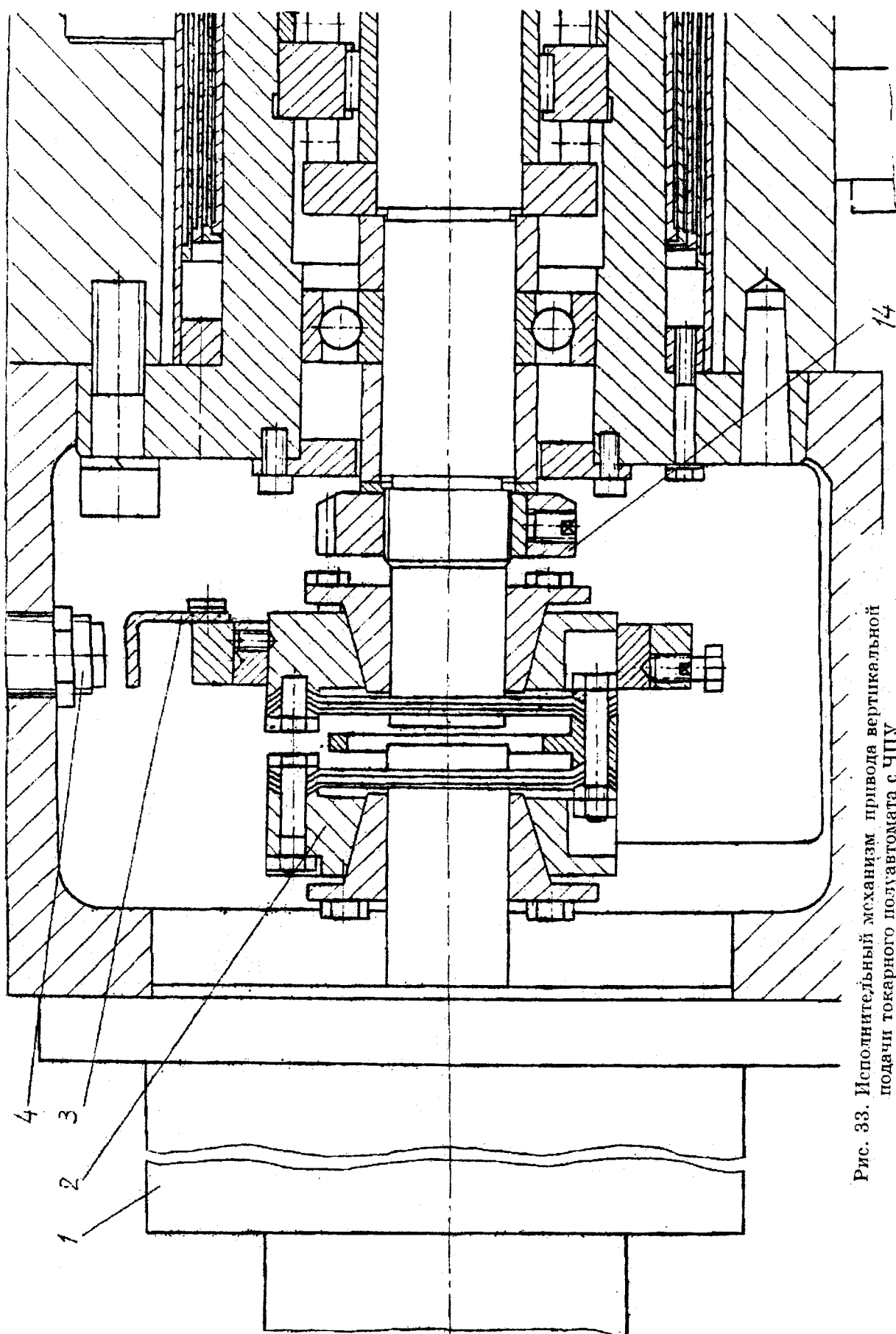


Рис. 33. Исполнительный механизм привода вертикальной подачи токарного полуавтомата с ЧПУ

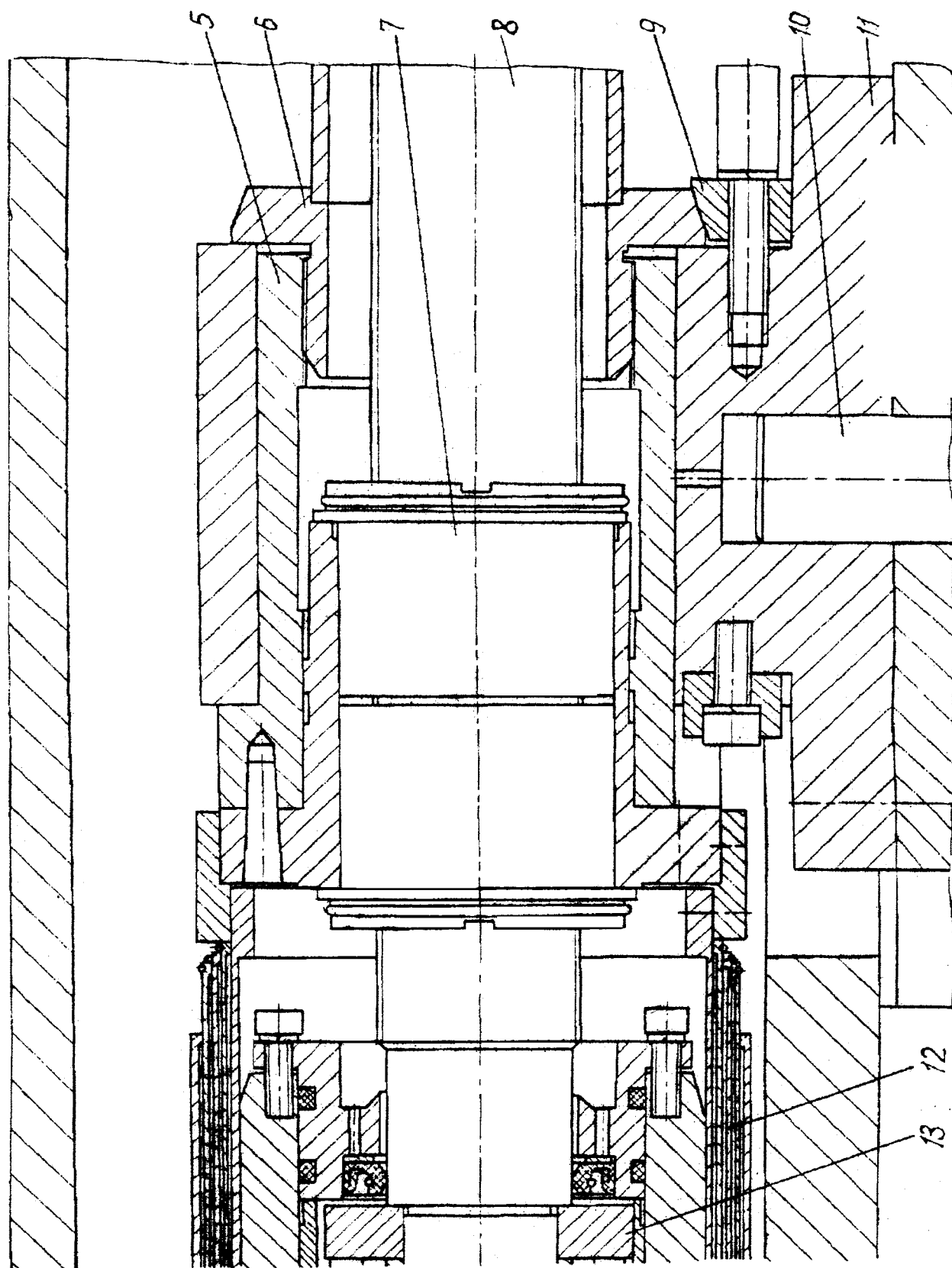


Рис. 33. Продолжение

да, уменьшает амплитуду колебаний в приводе. Для обеспечения необходимых точности и жесткости привода муфта соединяется с валом электродвигателя и ходовым винтом коническими затяжными кольцами.

Корпус гайки 7 шариковой винтовой передачи закреплен в гильзе 5, которая с помощью гайки 6 зажата в кронштейне 11. Гайка 6 застопорена прихватом 9. Кронштейн связан с суппортом пальцем 10 и винтами.

Ходовой винт имеет одну опору, состоящую из упорного комбинированного роликового подшипника 13, воспринимающего как осевую, так и радиальную нагрузку на винт, и радиального шарикового подшипника. Осевой натяг в комбинированном подшипнике создается гайкой 14, для стопорения которой служат винт с внутренним шестигранником и резьбовая шпонка.

Шарики-винтовой механизм защищен от загрязнений телескопическими трубками 12. Исходное положение суппорта фиксируется с помощью бесконтактного конечного переключателя 4 и упора 3.

Исполнительный механизм привода поперечной подачи токарного станка с ЧПУ (рис. 34). Движение винту 19 шарикового механизма передается от высокомоментного электродвигателя постоянного тока 6 через зубчатый редуктор, применение которого позволяет использовать электродвигатель с меньшим вращающим моментом и создать механизм подходящей компоновки. В состав редуктора входят ведущее колесо с двумя зубчатыми венцами 1 и 3 и ведомое колесо 8. Вращающий момент с вала электродвигателя передается зубчатому венцу 3 трением, возникающим на посадочных поверхностях при затяжке конусной втулки 5 винтами 4. Боковые зазоры в зубчатом зацеплении выбирают путем поворота венца 1 относительно венца 3 с помощью винта 2, правый конец которого выполнен в виде эксцентрика. После устранения зазоров в зацеплении венцы стягивают винтами 7.

Зубчатое колесо 8 передает крутящий момент ходовому винту конусным соединением. Ступица колеса затягивается на коническую шейку винта гайкой 12, для стопорения которой служит гайка 11.

Ходовой винт установлен на одной опоре, состоящей из упорного комбинированного роликового подшипника 16 и шарикового радиального подшипника. Осевой натяг в комбинированном подшипнике создают гайкой 13, для стопорения которой предназначены резьбовая шпонка 15 и винт 14 с внутренним шестигранником. Смазочный материал подводится в опору через штуцер 20. Узел опоры помещен в стакан 17.

Исходное положение суппорта фиксируется с помощью бесконтактного конечного переключателя 10 и упора 9.

Резьбовые отверстия А, Б и В предназначены для винтов, с помощью которых об-

легчается разборка узла. Отверстия Г используются для съема манжеты 18.

4. СТОЛЫ

4.1. Стол продольного фрезерно-сверлильно-расточного многоцелевого станка

Стол 6 (рис. 35) приводится в движение гидростатической червячно-реечной передачей, состоящей из червяка 8 и червячной рейки 7. На рабочие грани стола наклеены накладки 9, 10 и другие из наполненного фторопласта, благодаря чему снизились коэффициент трения, неравномерность подачи и изнашивание направляющих. Зазор в направляющих регулируется с помощью планки-11. Прижимные планки закреплены винтами 4. Тарельчатые пружины 3 предназначены для стопорения винтов и создания постоянной силы прижима планок. Боковые щитки 1, 2, 5 предохраняют направляющие от загрязнений.

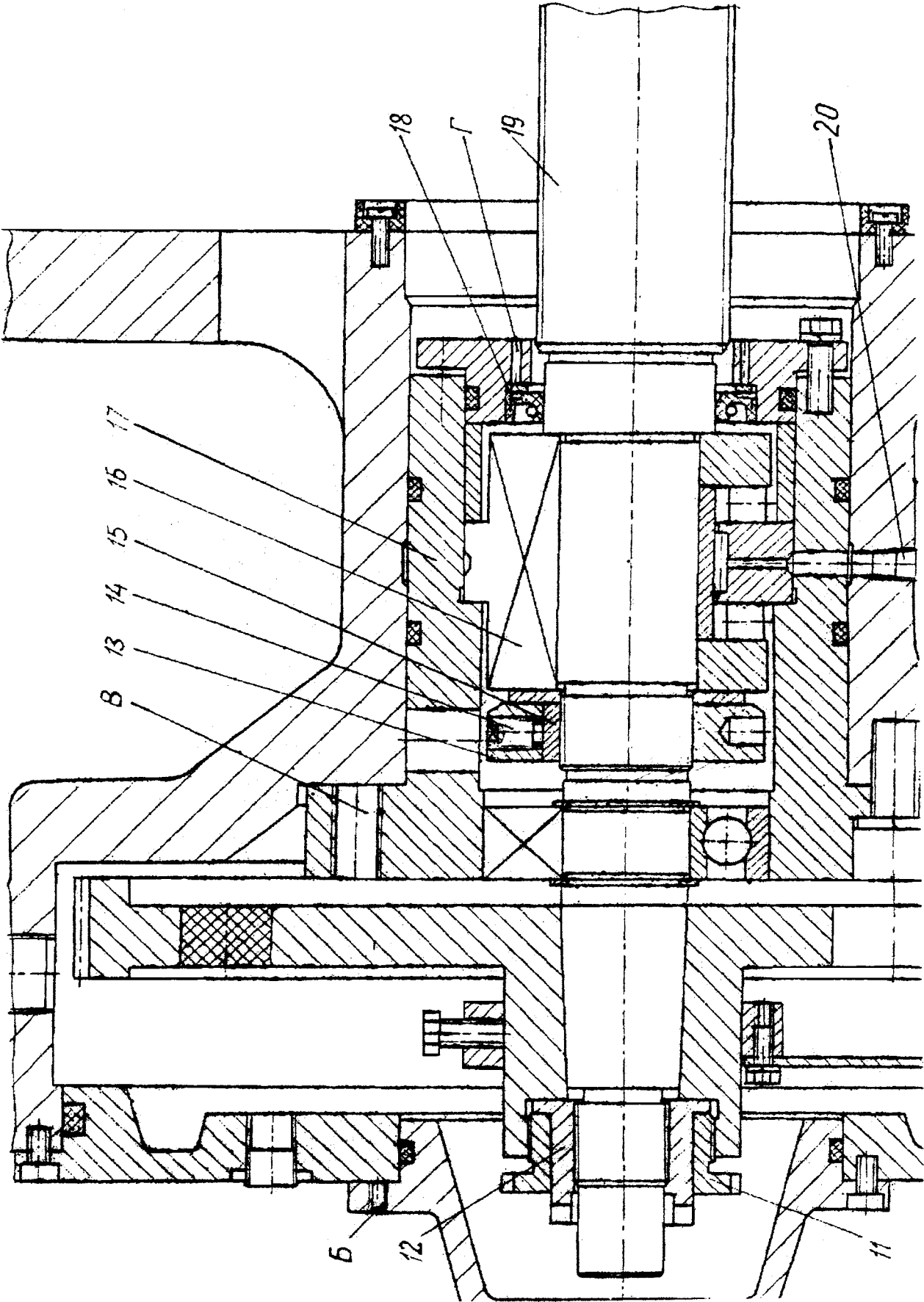
4.2. Электромеханический силовой стол

Силовой стол состоит из подвижной плиты, называемой столом, неподвижных салазок и привода. Быстрые движения столу 5 (рис. 36) сообщает асинхронный электродвигатель 3 в то время, когда электромагнитная муфта 4 выключена. Рабочую подачу стол получает от асинхронного электродвигателя 1 через ряд зубчатых передач, в том числе через пару сменных колес а и б. Максимальное усилие подачи регулируется фрикционной муфтой 2, которая предохраняет привод от перегрузки и позволяет производить обработку на жестком упоре.

Элементы конструкции силового стола приведены на рис. 37–41. Стол 3 (рис. 37) перемещается по направляющим литой чугунной плиты (салазок) 1 с помощью тягового механизма, состоящего из гайки 4 и винта 5. Он имеет одну опору, помещенную в кронштейне 2 и состоящую из радиальных и упорных шариковых подшипников. Поверхность А служит для базирования корпуса редуктора.

Одна направляющая стола плоская, другая – треугольная (рис. 38), благодаря чему обеспечивается повышенная точность узла. Применены прижимные планки 3, имеющие в поперечном сечении вид уголка и поэтому обладающие повышенной жесткостью. Ось кронштейна 5, а следовательно, и винта выставляют с помощью компенсатора 4. Команды на переход с одного элемента цикла на другой выдают бесконтактные конечные переключатели 8, установленные на направляющей плите 2, когда в их прорези входят упоры-пластины 7, закрепленные на столе. Винтами 1 стол крепится к станине станка.

Смазывание направляющих и винтовой передачи осуществляется с помощью цент-



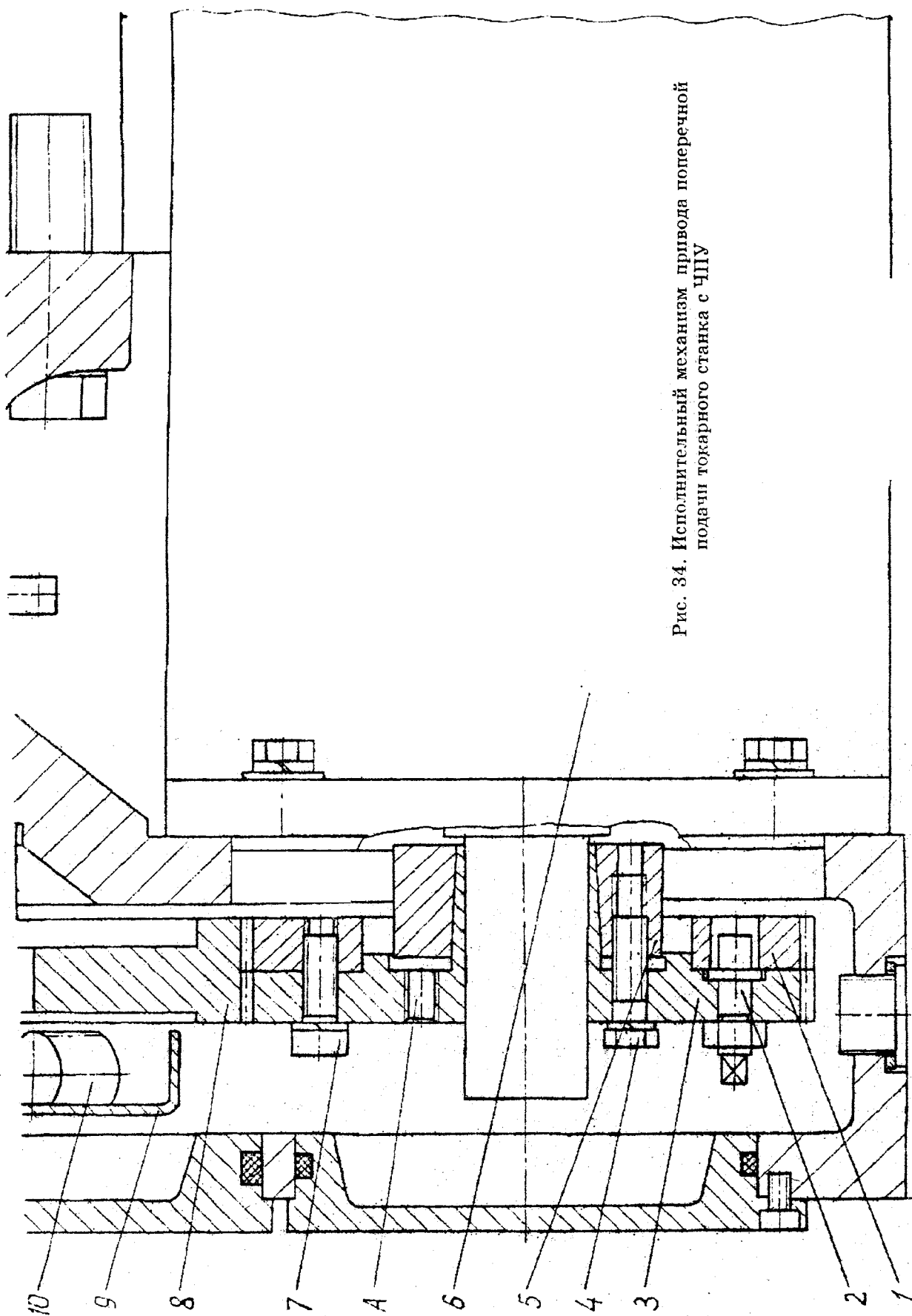


Рис. 34. Исполнительный механизм привода поперечной подачи токарного станка с ЧПУ

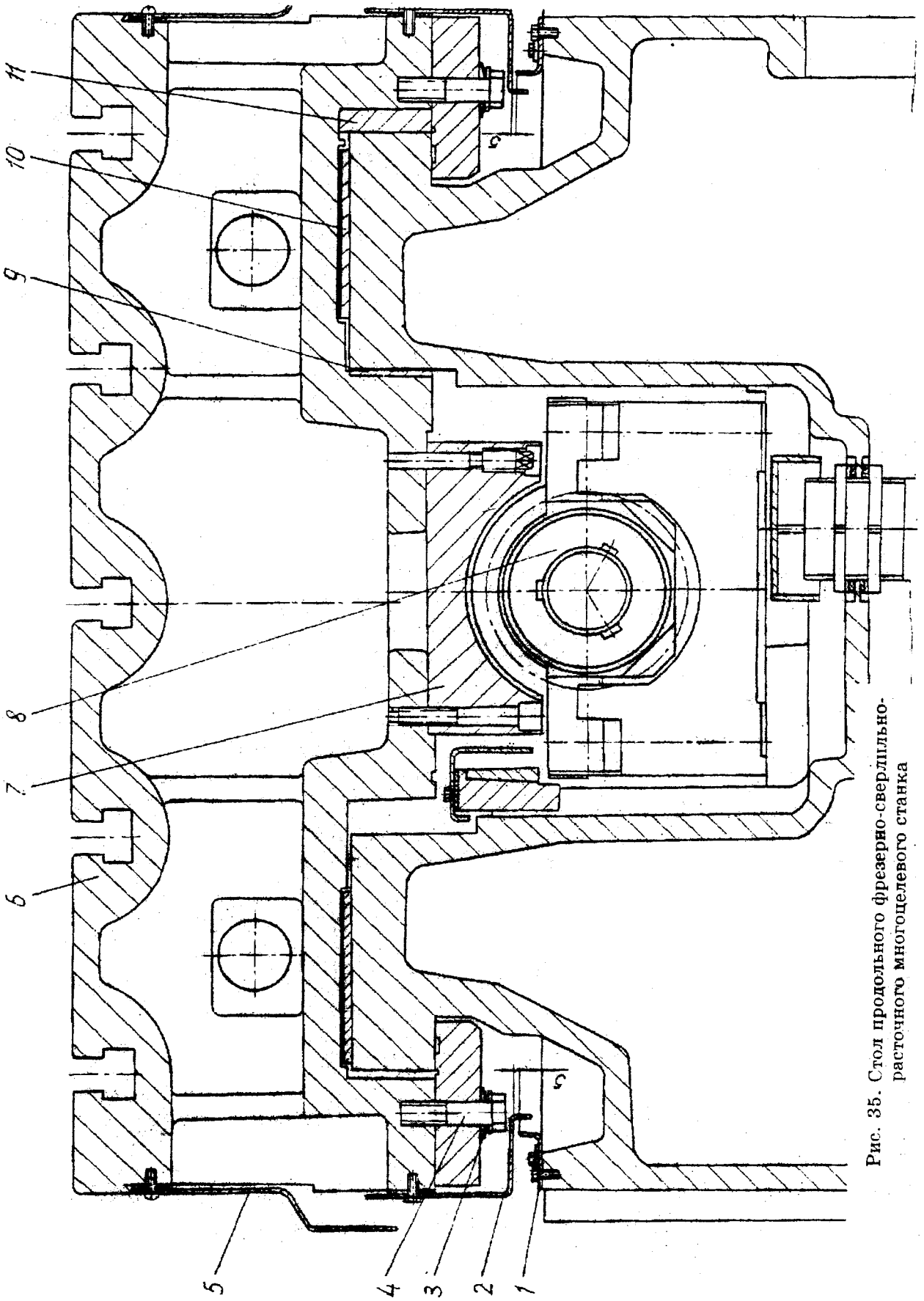


Рис. 35. Стол продольного фрезерно-сверильно-расточного многоцелевого станка

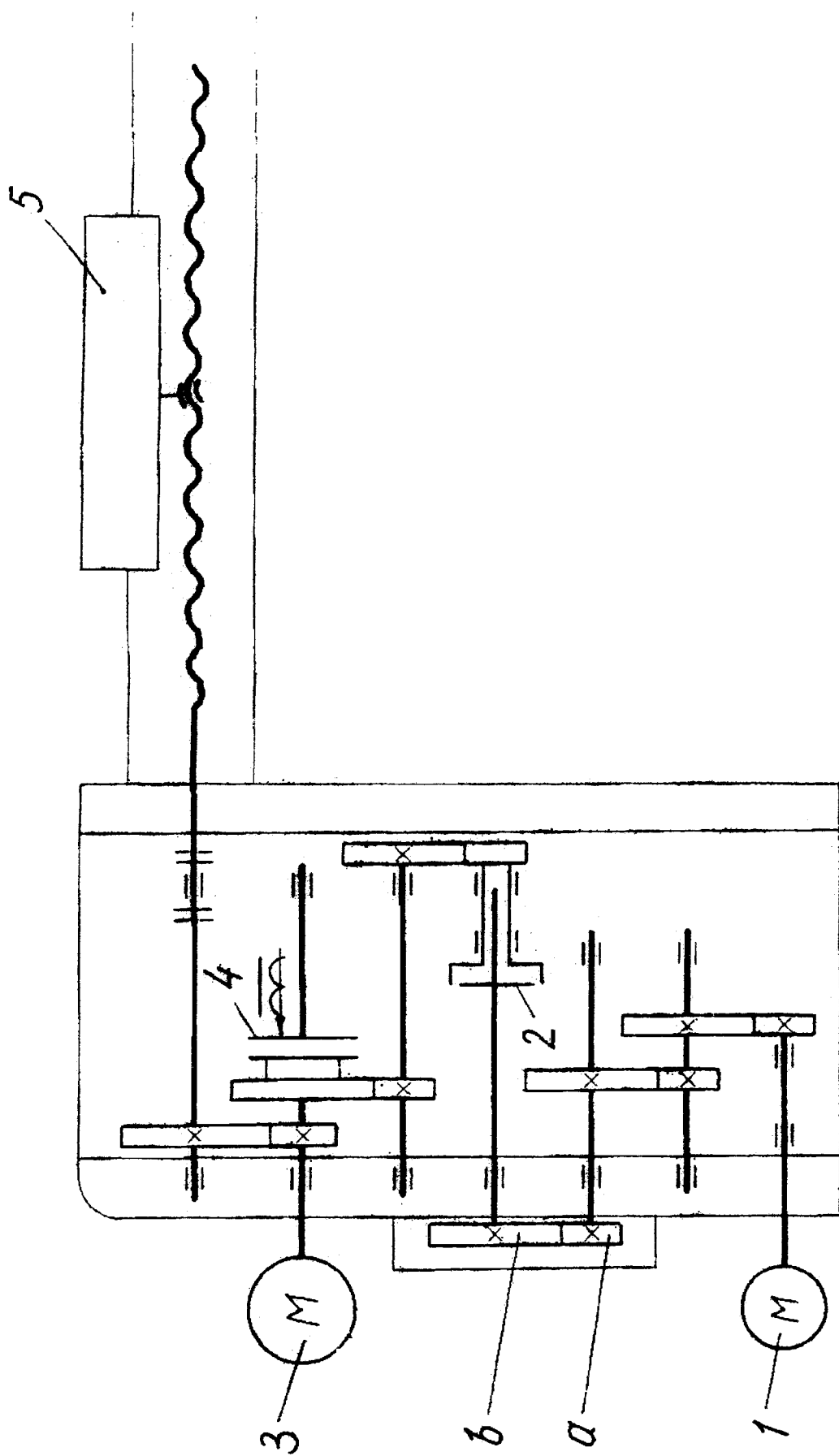


Рис. 36. Кинематическая схема силового стола

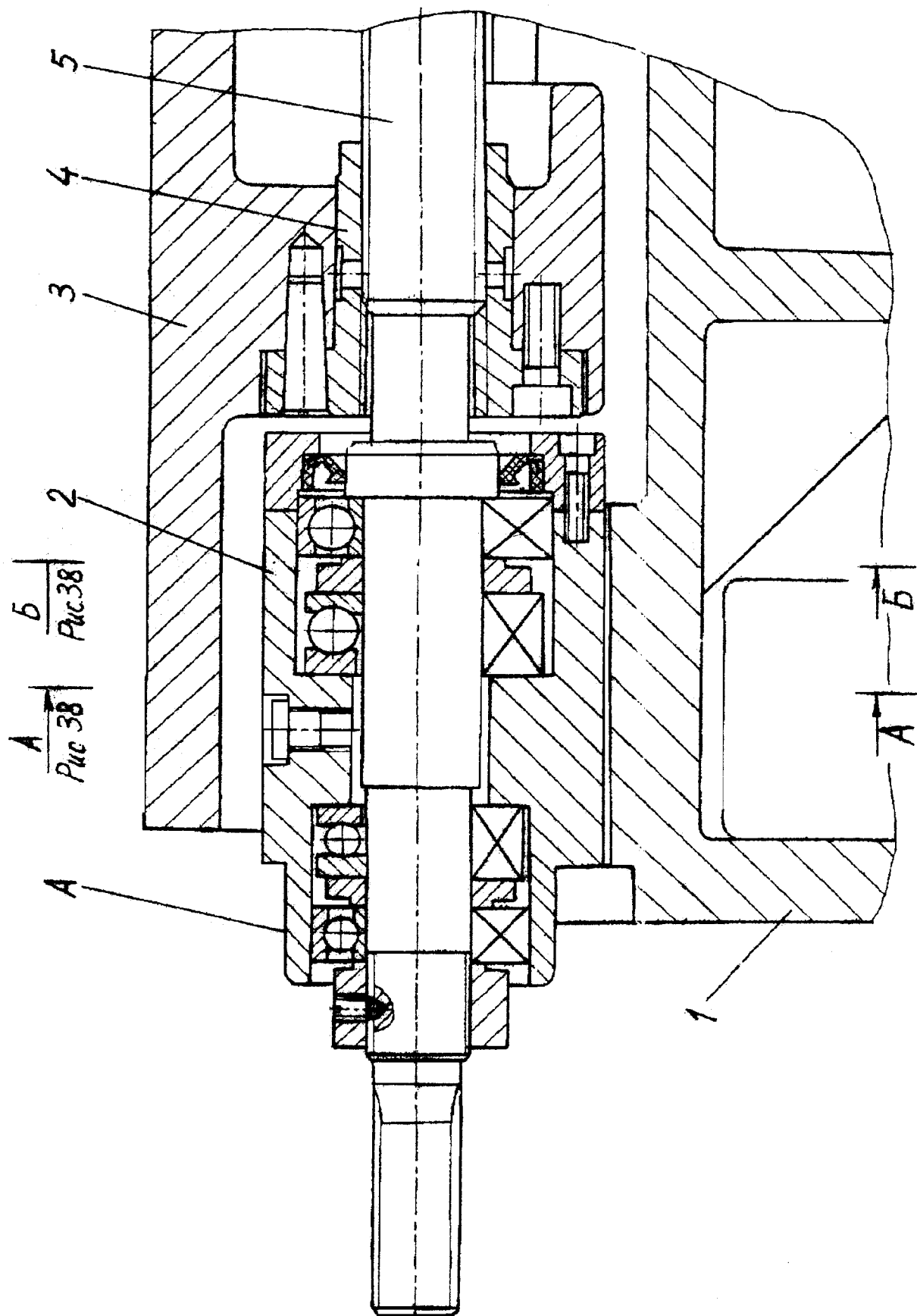


Рис. 37. Продольный разрез направляющей плиты и стола

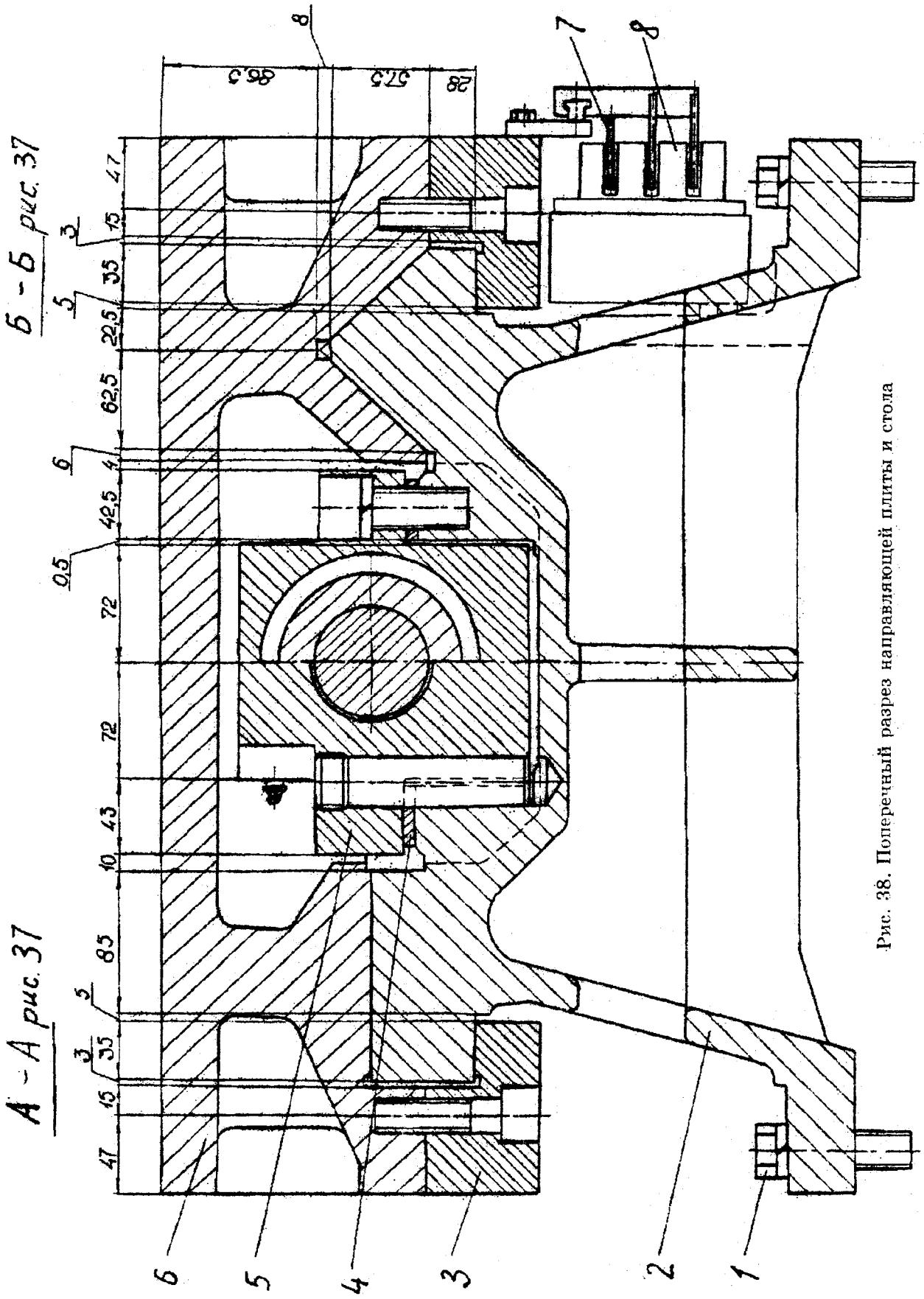


Рис. 38. Поперечный разрез направляющей плиты и стола

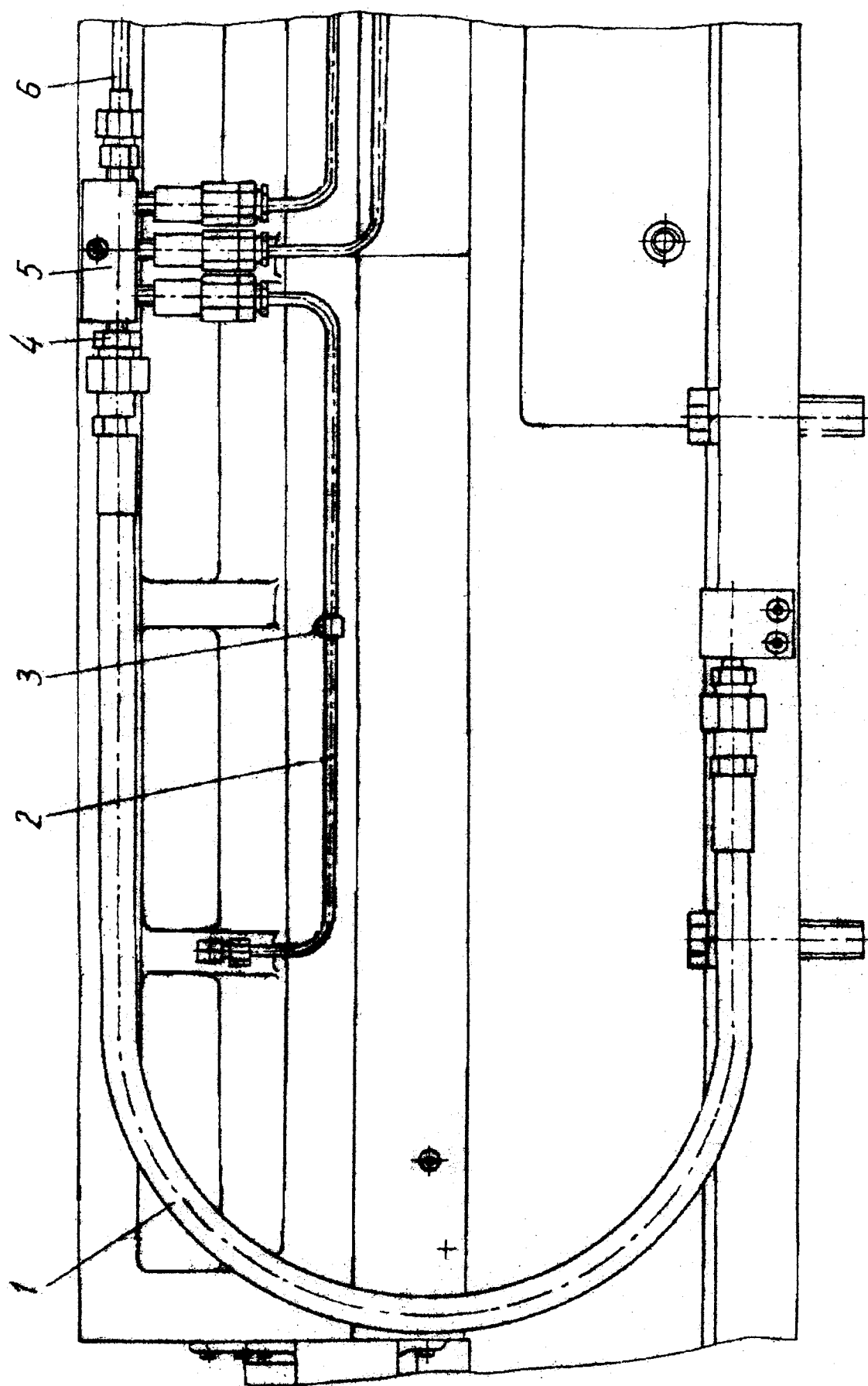


Рис. 39. Расположение элементов смазочной системы на силовом столе

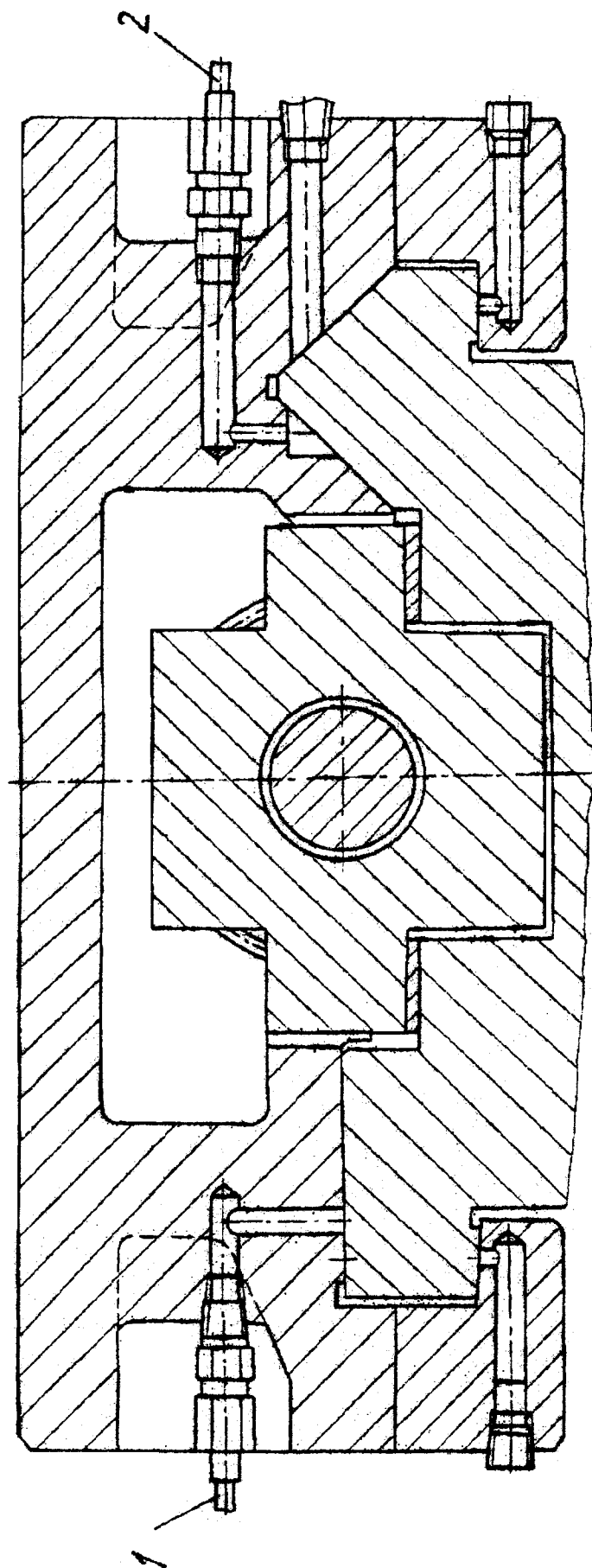


Рис. 40. Поперечный разрез стола с каналами для
подвода смазочного материала

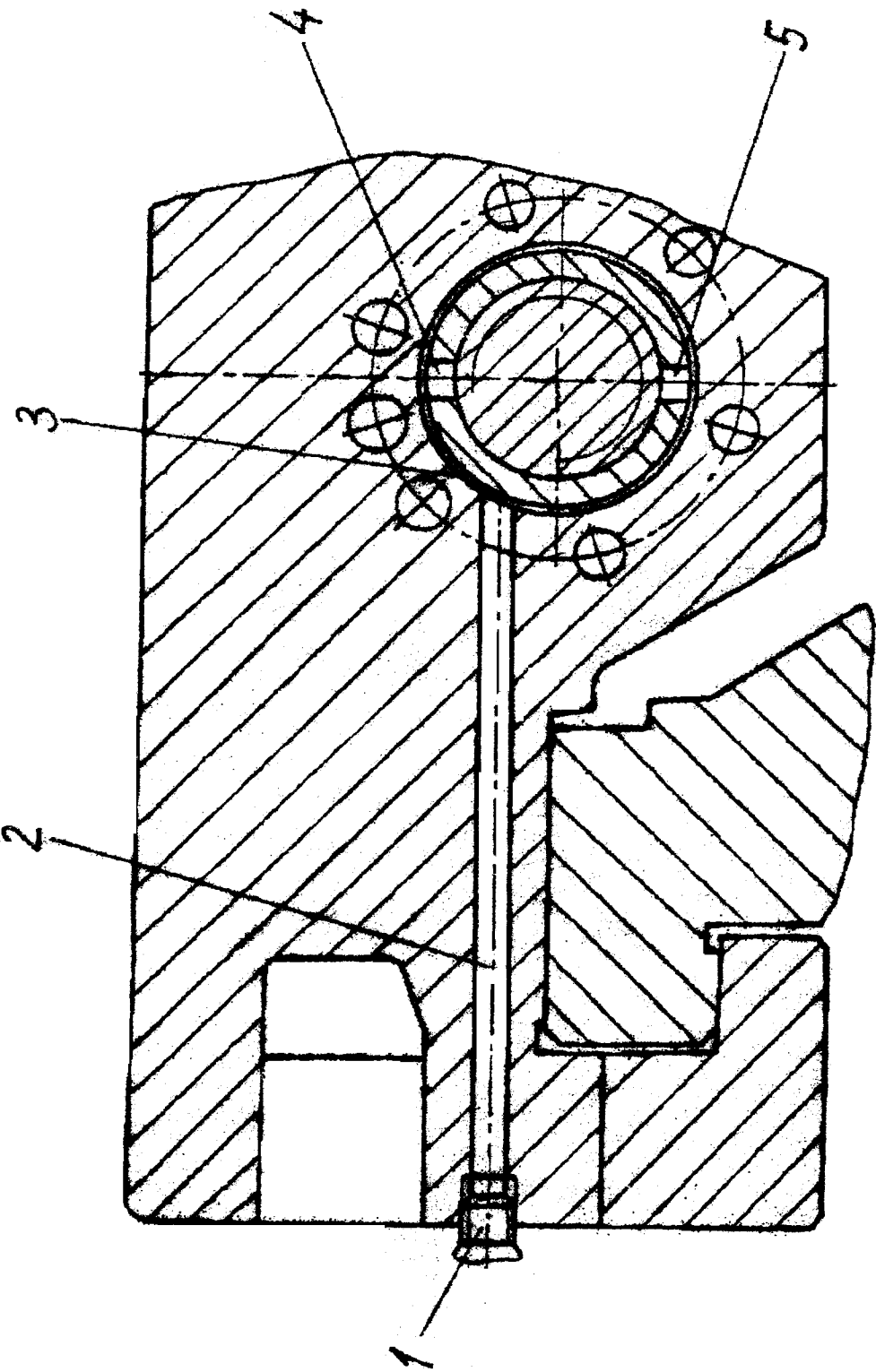


Рис. 41. Подвод смазочного материала к узлу
винт-гайка

рализованной смазочной системы импульсного типа. От смазочной станции через гибкий трубопровод 1 (рис. 39) и штуцер 4 масло подводится к импульсному питателю 5. Он служит для дозированной подачи масла в смазочные точки при импульсном изменении давления в трубопроводе. К смазочным точкам (рабочим плоскостям направляющих и гайке тягового механизма) масло поступает по трубопроводам 2, прикрепленным к столу с помощью скоб 3. По трубопроводу 6 масло поступает к импульсному питателю, находящемуся на левой стороне стола и подающему масло к левой направляющей. К смазочным точкам направляющих масло подводится по трубопроводам 1, 2 (рис. 40) и другим. Масло поступает на каждую рабочую плоскость направляющих.

К узлу винт-гайка масло поступает от импульсного питателя через штуцер 1 (рис. 41), отверстие 2 в столе, кольцевую канавку 3, отверстия 4 и 5.

Подшипники узла опоры винта смазывают пластичным материалом, которым заполняют полость опоры при сборке узла. При эксплуатации станка объем масла периодически пополняют через пресс-масленку (см. рис. 38).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированные смазочные системы и устройства /Семенов В.Я., Курганский П.М., Кузьмин В.И. и др. М.: Машиностроение, 1982. – 176 с.
2. Автоматизированный электропривод /Под ред. Н.Ф. Ильинского, М.Г. Юнькова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 446 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. М.: Машиностроение, т.1 – 1982. – 729 с.; т. 2 – 1982. – 584 с. т.3 – 1982. – 576 с.
4. Баласаньян В.С., Васильев А.В., Фигатнер А.М. Подшипники шпиндельных узлов металлорежущих станков. //Станки и инструмент. – 1992. – № 3. – С. 28, 29.
5. Беляев В.Г., Фаттахов Р.Х. Повышение работоспособности шариковых винтовых механизмов станков с ЧПУ. //Станки и инструмент. – 1986. – № 2. – С. 12-13.
6. Берестнев О.В., Полонский В.А., Неделькин А.Н. Самоустанавливающиеся плоскопараллельные делительные зубчатые колеса: Оперативно-информационные материалы. – Минск, 1989. – 96 с.
7. Бурков В.А., Тихон А.О. Новые конструкции пружинно-гидравлических устройств для механизированного закрепления и освобождения инструментов. //Станки и инструмент. – 1980. – № 8. – С. 20-22.
8. Бушуев В.В. Выделение главных моментов при конструировании. //Станки и инструмент. – 1989. – № 4. – С. 33-36.
9. Бушуев В.В. Нетрадиционные конструкторские решения. //Станки и инструмент. – 1988. – № 7. – С. 28-31.
10. Бушуев В.В. Основы конструирования станков. – М.: Станкин, 1992.
11. Бушуев В.В. "Парадоксы" конструкций. //Станки и инструмент. – 1989. – № 1. – С. 25-28.
12. В помощь конструктору-станкостроителю /В.И. Калинин, В.Н. Никифоров, Н.Я. Аникеев и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 288 с.
13. Выбор нерегулируемых асинхронных электродвигателей для приводов металлообрабатывающих станков: Метод. рекомендации. /Эксперим. НИИ металлорежущих станков: /Сост. Арапов А.Н./. – М.: ОНТС ЭНИМС, 1984. – 18 с.
14. Детали и механизмы металлорежущих станков: В 2 т. /Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1972 – Т. 1 – 664 с.; Т. 2 – 520 с.
15. Добровольский В.Л. Фиксирующие устройства в автоматических станочных системах. – М.: Машиностроение, 1989. – 72 с.
16. Дружинин И.А. Концепция конкурентоспособных станков. – С.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 247 с.
17. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высш. шк., 1985. – 315 с.
18. Исполнительные механизмы приводов подач подвижных узлов металлорежущих станков с ЧПУ /Л.М. Кордыш, Э.С. Воскобойников, Л.В. Марголин и др. – М.: НИИМАШ, 1980. – 56 с.
19. Какойло А.А. Приводы главного движения современных токарных станков с ЧПУ. //Станки и инструмент. – 1991. – № 7. – С. 19-23.
20. Каминская В.В., Левина С.М. Расчет жесткости станков. – М.: Машиностроение, 1983. – 47 с.
21. Колка И.А., Кувшинский В.В. Многооперационные станки. – М.: Машиностроение, 1983. – 136 с.
22. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов: Учебн. пособие для СПТУ /Л.Н. Грачев, В.Л. Косовский, А.Н. Ковшов и др. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с.
23. Кордыш Л.М., Ельчанин Ю.М. Механизмы перемещения рабочих органов металлорежущих станков с ЧПУ: Учебн. пособие. – М.: Б.И., 1990. – 98 с.
24. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учебн. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 382 с.
25. Кузнецов В.Г. Приводы станков с программным управлением. – С.: Машиностроение, 1983. – 248 с.
26. Кузнецов М.М., Усов В.А., Стародубов К.С. Проектирование автоматизированного производственного оборудования: Учебн. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

27. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ.: Учебн. пособие. – К.: Выща шк., 1991. – 278 с.
28. Лизогуб В.А., Кушнир А.П. Выбор уплотнений опор качения шпиндельных узлов станков. //Станки и инструмент. – 1991. – № 5. – С. 16-20.
29. Маеров А.Г. Анализ особенностей шпиндельных узлов токарных и многоцелевых станков. //Станки и инструмент. – 1991. – № 6. – С. 22-24.
30. Марголин Р.В. Наладка станков с программным управлением: Учебн. пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1983. – 253 с.
31. Металлорежущие станки машиностроительных производств: Учебн. пособие для студентов технических вузов /О.В. Таратынов, Г.Г. Земсков, И.М. Таратынова. – М.: Высш. шк., 1988. – 464 с.
32. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов //Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 575 с.
33. Накладные направляющие из наполненного фторопласта в металлорежущих станках: Метод. рекомендации. – М.: ВНИИ информ. и техн. экон. исслед. по машиностроению и робототехнике, 1988. – 42 с.
34. Орликов М.Л., Кузнецов Ю.Н. Проектирование зажимных механизмов автоматизированных станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 142 с.
35. Орликов М.Л., Федоренко И.Г., Шишкин В.Н. Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование: Учебн. пособие. – К.: Вища шк. Головное издательство, 1987. – 152 с.
36. Орлов П.И. Основы конструирования: Справ.-метод. пособие: В 2 кн. – М.: Машиностроение, Кн. 1 – 1988. – 559 с; кн. 2 – 1988. – 542 с.
37. Особенности применения современных электродвигателей в приводах станков и роботов: Методическая разработка. – М.: ВНИТЭМР, – 1987. – 24 с.
38. Павлов А.Г. Выбор предельных конструктивных параметров шпиндельного узла. //Станки и инструмент. – 1982. – № 4. – С. 13-14.
39. Перель Л.Ф. Подшипники качения: Справ. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
40. Петров Н.А. Состояние и перспективы развития шпиндельных узлов металлорежущих станков. – М.: ВНИИТЭМР, 1988. – 44 с.
41. Повышение работоспособности и эффективности токарных ГПМ: Метод. рекомендации /ЭНИМС. – М., 1989. – 21 с.
42. Подшипники качения: Справочник-каталог /Под ред. В.Н. Нарышкина и Р.В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
43. Применение и конструктивные особенности многоцелевых станков /Ю.М. Ельчанин, А.М. Итин, В.Н. Карякин, В.И. Федоров. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. – 48 с.
44. Прокопенко Н.Д. Современные конструкции уплотнительных устройств шарико-винтовых пар, – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 28 с.
45. Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
46. Пуш В.Э., Пигерт Р., Сосонкин В.Л. Автоматические станочные системы. – М.: Машиностроение, 1982.
47. Расчетный анализ и оптимизация конструкции типовых приводов подач токарных и фрезерных станков с ЧПУ /Методические рекомендации. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 40 с.
48. Роботизированные технологические комплексы и ГПС в машиностроении. Альбом схем и конструкций /Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1988.
49. Смирнов А.И. Оптимизация смазки быстроходных шпиндельных узлов металлорежущих станков: Обзор. – М.: НИИмаш, 1979. – 56 с.
50. Справочник по автоматизированному электроприводу /Под ред В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоавтомиздат, 1983. – 616 с.
51. Станки с числовым программным управлением (специализированные) /В.А. Лещенко, Н.А. Богданов, И.В. Вайнштейн и др. /Под ред. В.А. Лещенко. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1988. – 568 с.
52. Станочное оборудование автоматизированного производства: В 2 т. /Под ред. В.В. Бушуева. – М.: Станкин. Т.1 – 1993 – 584 с.; Т.2 – 1994 – 656 с.
53. Типовые схемы и рабочие характеристики главного привода станков с ЧПУ: Метод. рекомендации по проектированию. – М., 1983. – 48 с.
54. Фигатнер А.М., Баклыков В.Г. Высокие режимы резания – новые шпиндельные узлы – новые подшипники качения //Станки и инструмент. – 1991. – № 8. – С. 16-19.
55. Шпиндельные узлы агрегатных станков: Альбом /Н.М. Вороничев, Г.И. Плащей, С.С. Гиндин и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 179 с.
56. Электромагнитные муфты серий Э1М и Э2М с магнитопроводящими дисками: Метод. рекомендации. – М., 1987. – 37, 38 с.
57. Электромеханические измерительные устройства в современных металлообрабатывающих станках: Учебн. метод. пособие /Минстанкопром. ИПК. – М.: ВНИИТЭМР, 1990. – 24 с.